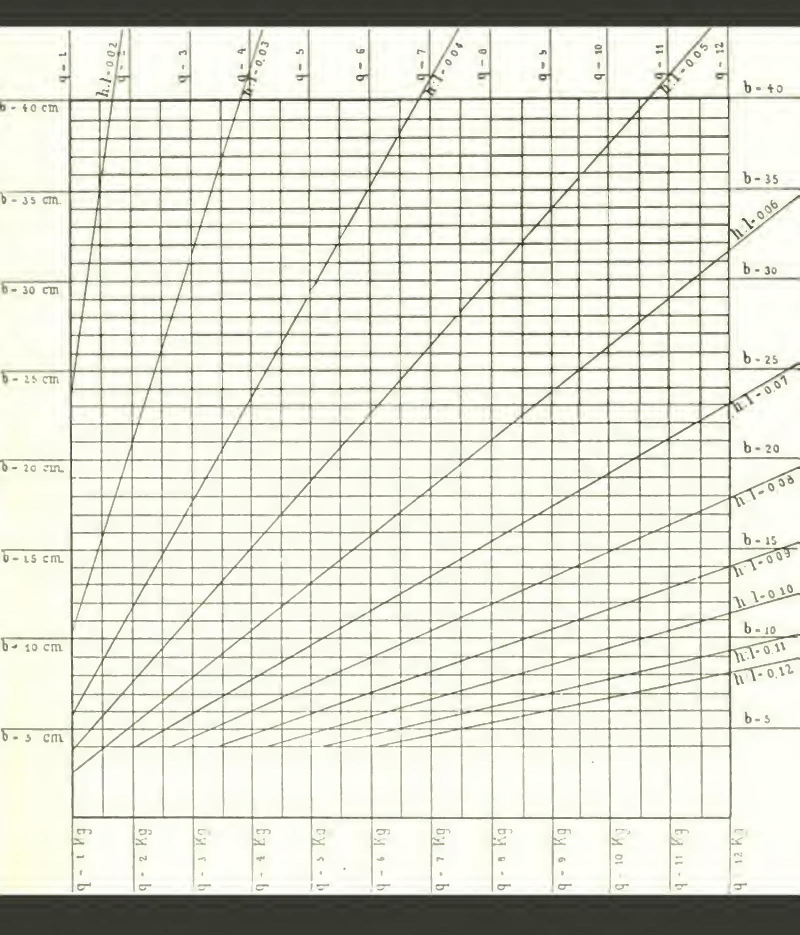
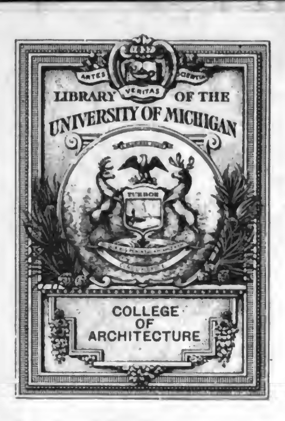


Raumbegrenzende Konstruktionen: Marx E. Wände und ...



ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE



Gefamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erfchienenen Bände, bezw. Hefte) find am Schluffe des vorliegenden Heftes zu finden.

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet auch ein für fich abgefchloffenes Buch und ift einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Oberbaudirektor
Profeffor Dr. **Jofef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- u. Baurat
Profeffor **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Profeffor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmftadt.

Dritter Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

2. Band:

Raumbegrenzende Konftruktionen.

Heft 3, a.

Balkendecken.

ZWEITE AUFLAGE.

ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG (A. KRÖNER).
STUTTGART 1901.

DIE

HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

DRITTER TEIL.

2. Band:

Raumbegrenzende Konftruktionen.

Heft 3, a:

Balkendecken.

Von **Georg Barkhaufen,**

Geh. Regierungsrat und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Hannover.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 499 in den Text eingedruckten Abbildungen, fowie 1 in den Text eingehefteten Tafel.

STUTTGART 1901.

ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG

A. KRÖNER.



Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Hochbaukonftruktionen.

2. Band, Heft 3, a.

(Zweite Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Raumbegrenzende Konftruktionen.

2. Abfchnitt.

Nach oben begrenzende Konftruktionen.

Tafel bei S. 247:

Zeichnerifche Darftellung der Normal-I-Eifen für die Unterfuchung ihrer Tragfähigkeit unter lotrechter Belaftung.

III. Teil, 3. Abteilung:

RAUMBEGRENZENDE KONSTRUKTIONEN.

2. Abſchnitt.

Nach oben begrenzende Konſtruktionen.

1. Vorbemerkungen.

Die durch die Gebäude geſchaffenen, bezw. in denſelben vorhandenen Räume werden nach oben in der Regel durch eine Decke, ſeltener durch das Dach begrenzt; letzteres bildet in den allermeiſten Fällen den oberſten Abſchluſs des Gebäudes. Im vorliegenden Hefte dieſes »Handbuches« ſollen die Decken, im nächſtfolgenden die Dächer behandelt werden.

Wie bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (S. 3) dieſes »Handbuches« geſagt worden iſt, kann die Decke raumabſchlieſsend oder raumtrennend ſein, je nachdem ſie den betreffenden Raum nach auſsen hin abſchlieſst oder ihn von einem darüber gelegenen Raume trennt. Im Verfolg deſſen kann man unterſcheiden:

1) Decken, über denen ſich kein benutzter Raum befindet, welche alſo keinen Fuſsboden [1]) zu tragen und nur den Zweck der Raumabſchlieſsung zu erfüllen haben.

2) Decken, über denen ein oder mehrere benutzte Räume vorhanden ſind, alſo Decken, welche letztere Räume nach unten begrenzen und deshalb einem Fuſsboden [1]) als Unterlage zu dienen haben.

3) Decken, welche den Unterbau für einen Altan, eine Terraſſe etc. bilden.

Die Konſtruktion der Decken iſt eine ſehr mannigfaltige. Sie laſſen ſich in dieſer Hinſicht in drei Gruppen trennen:

1) Balkendecken oder Decken, deren hauptſächlich tragende Konſtruktionsteile von ſog. Balkenträgern [2]) gebildet werden;

2) Gewölbte Decken, welche von ſteinernen Gewölben gebildet werden, und

3) Decken, die aus anderen Bauſtoffen, bezw. in anderer Weiſe konſtruiert ſind.

[1]) Die Fuſsböden werden, obigen Ausführungen entſprechend, im vorliegenden Abſchnitt nicht zu beſprechen ſein. Es giebt Fuſsböden, die nicht auf einer Deckenkonſtruktion aufruhen, und andererſeits Decken, auf denen keinerlei Fuſsboden lagert. Ueber Konſtruktion und formale Ausbildung der Fuſsböden iſt in Teil III, Band 3, Heft 3 dieſes »Handbuches« das Erforderliche zu finden; hier wird der Fuſsbodenkonſtruktion nur inſofern zu gedenken ſein, als Decken häufig die Unterlage für Fuſsböden bilden.

[2]) Siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

A. Balkendecken.

Von Georg Barkhausen.

Unter vorſtehender Ueberſchrift wird mit der Betrachtung der Balkendecken begonnen, weil ſich unter dieſen die geſchichtlich älteſten finden. Denſelben folgt die Beſprechung der gewölbten Decken, und den Schluſs bilden die verglaſten Deckenkonſtruktionen und Deckenlichter.

Das Gebiet der Balkendecken hat in den letzten Jahren, insbeſondere ſeit dem Erſcheinen der 1. Auflage des vorliegenden Heftes, einen ſtaunenswerten Ausbau erfahren, der durch die Geſichtspunkte bedingt wurde:

1) die Tragfähigkeit der Decken den Forderungen der Neuzeit anzupaſſen;

2) die Undurchläſſigkeit der Decken gegen Waſſer, Wärme, Luft, Gaſe und Schall zu verbeſſern;

3) alle dem Vergange oder gar der Fäulnis ausgeſetzten Stoffe aus den Decken zu verbannen;

4) das Uebertragen von Feuersbrünſten von einem Raume zum anderen, ſowie die ungünſtige Beeinfluſſung der Aufsenwände durch die Decken bei Feuersbrünſten zu verhüten und die Bekämpfung ausgebrochener Feuersbrünſte zu erleichtern;

5) die Einwirkung der Decken auf die geſundheitlichen Verhältniſſe der Räume möglichſt günſtig zu geſtalten;

6) die Reinigung der Räume zu erleichtern;

7) die Höhe der Gebäude thunlichſt weitgehend für die Lichthöhe der Räume nutzbar zu machen;

8) die Anlage weiter Räume zu ermöglichen, welche nicht durch Mauern und Stützenreihen, ja wenn möglich nicht einmal durch vereinzelte Freiſtützen beeinträchtigt ſind, und

9) alle dieſe Anforderungen mit möglichſt geringen Geldmitteln zu erfüllen.

Auch die neueren Konſtruktionen der Fuſsböden haben erheblichen Einfluſs auf die Bildung der Decken ausgeübt.

Dieſe vielſeitigen Anforderungen der neueſten Zeit an die Balkendecken haben eine auſserordentlich groſse Zahl verſchiedener Deckenkonſtruktionen, ja ſelbſt neuartiger Bauſtoffe für Decken entſtehen laſſen, und da es ſich um lohnenden Maſſenverbrauch handelt, eine ſehr groſse Zahl von Patenten und Gebrauchsmuſtern gezeitigt, deren Inhaber jedesmal das eigene Erzeugnis als das beſte anpreiſen. Hierdurch iſt eine groſse Schwierigkeit für die gerechte Würdigung der einzelnen Konſtruktion entſtanden, da erſt für wenige derſelben genügende Erfahrungen vorliegen. Für die vorliegende 2. Auflage blieb daher nichts anderes

übrig, als eine möglichst vollständige Darstellung des heutigen Gewirres von Deckenkonstruktionen zu geben, ohne bei der einzelnen stets eine Beurteilung eintreten zu lassen. Immerhin lassen sich aber auch jetzt schon gewisse Gesichtspunkte für eine Sichtung der reichen Auswahl gewinnen, und diese sollen von allgemeinem Standpunkte aus der ausgiebigen Einzeldarstellung nachgefügt werden. Es erschiene vermessen, wollte man über so viele ganz junge Konstruktionen in einem Werke von der Bedeutung dieses »Handbuches« schon jetzt abschliessende Einzelurteile fällen; es mufs dem Leser überlassen werden, sich nach den allgemeinen Gesichtspunkten, unterstützt von der eigenen Erfahrung, ein Urteil über die einzelnen Bauweisen zu bilden.

---

1. Kapitel.

Unterstützung der Balkendecken.

Die wichtigste allgemeine Grundregel für die Unterstützung der Balkendecken besagt, dafs jeder tragende Teil eine genügende Auflagergrundfläche erhalten mufs, um in ihr eine der Tragfähigkeit der unterstützenden Teile entsprechende Belastung der Flächeneinheit zu ermöglichen.

Die Unterstützung erfolgt durch die Gebäudewände oder durch Freistützen.

a) Unterstützung durch Gebäudewände.

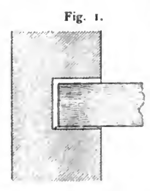
1. Steinerne Wände.

Die Gebäudewände können ganz in Stein, in Fachwerk, in Holz u. f. w. ausgeführt sein.

Bei ganz steinernen Wänden sind bezüglich der Bestimmung der Gröfse der Auflagerflächen für die die Decken tragenden Teile diejenigen Einheitsbelastungen mafsgebend, welche als zulässige in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 281, S. 247[3]), Teil III, Band 1 (Fufsnote 104, S. 196[4]) und Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 11, a: Wandstärken) dieses »Handbuches« angegeben sind.

Gewöhnlich wird angenommen, dafs sich der Druck der die Decke tragenden Teile gleichförmig über die Lagerfläche verteilt. In der That wird aber diese Verteilung durch die Durchbiegung der Träger unmöglich gemacht, welche stets eine Mehrbelastung der Auflagervorderkante bewirkt. Eine derartige Kantenbelastung des Mauerwerkes ist aber schädlich, und deshalb ist es bei schwer belasteten Decken, wo die Auflagerflächen nicht — wie in den gewöhnlichen Fällen — aus praktischen Rücksichten gröfser gemacht sind, als sie streng genommen zu sein brauchten, ratsam, die tragenden Teile, etwa Balken, auf ein Bohlenstück oder eine Platte von Zementmörtel zu lagern, deren Vorderkante um einige Centimeter von der Mauerkante, diese entlastend, entfernt bleibt (Fig. 1). Besonders häufig tritt bei eisernen Tragkonstruktionen infolge der hohen Festigkeit des Eisens, gegenüber der des Mauerwerkes, der Fall ein, dafs zur Erzielung einer genügenden Lagerfläche am Träger selbst, bei der meist geringen

Fig. 1.



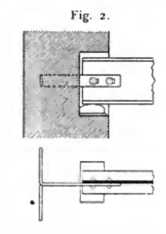
---

[3]) 2. Aufl.: Art. 77, S. 53.

[4]) 2. Aufl.: Fufsnote 113, S. 220.

Breite des letzteren, ein übermäfsig langes Stück in die Wand gesteckt werden müfste, wodurch die Wand geschwächt, der Träger unnötig lang und die Druckverteilung erheblich ungleichmäfsiger wird, als bei kurzer Lagerung. In solchen Fällen wird es nötig, eine besondere Lagerplatte zwischen Träger und Mauerwerk einzulegen, welche aus Gufseisen nach Fig. 2 oder nach Fig. 588 (S. 216[5]) in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches« auszubilden ist. Zweck der Platte ist, die zu grofse Auflagerlänge durch Verbreiterung des Lagers zu verkürzen und gleichförmige Druckverteilung zu sichern. Auch diese Platte soll um einige Centimeter von der Mauerkante entfernt bleiben. Alle solche Platten sind zunächst auf Keilen 1,5 bis 2,0 cm hohl zu verlegen und dann mit Zement zu vergiefsen. Beim Verlegen in ein Zementmörtelbett ist die genaue Herstellung einer vorgeschriebenen Höhenlage nicht leicht; die volle Unterbettung der Platte wird dabei aber meist besser erreicht, als durch Vergiefsen.

Fig. 2.



Die Verbesserung der Druckverteilung kann auch durch eine unter allen Trägerköpfen der Decke in der Mauer entlang laufende Mauerlatte, auch Mauerbank, Raftlade, Roftlade oder Roftschliefse genannt, erzielt werden, auf welcher hölzerne Balken verkämmt werden (siehe Fig. 515, S. 179 in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches«[6]). Dieselbe kommt nahezu ausschliefslich bei hölzernen Tragwerken vor und hat hier den Vorteil, dafs das Verzimmern der hölzernen Träger (Balkenlagen) durch Anordnung dieser einrahmenden Hölzer an Genauigkeit, weil an Bequemlichkeit gewinnt. Andererseits werden aber die Wände durch die durchlaufende Nut, welche für die Einlagerung der durchgehenden Latte ausgespart werden mufs, in beträchtlichem Mafse geschwächt. Es empfiehlt sich daher, die Verwendung der Mauerlatte — abgesehen von der Benutzung als Entlastungsträger über Oeffnungen oder sonstigen schwachen Stellen der Mauern — auf solche Fälle zu beschränken, in denen sie ohne Herstellung einer Nut entweder auf einen Mauerabsatz — bei Verstärkung der Wände — oder auf eine Maueroberfläche — bei Dachbalkenlagen — verlegt werden kann; namentlich für den letzteren Fall ist ihre Verwendung behufs Verteilung der Dachlasten zu empfehlen. Auch die Mauerlatte mufs mit der Aufsenkante etwas von der Mauerkante entfernt bleiben.

In den meisten Fällen haben die Deckentragwerke neben der Aufgabe, die Deckenlasten aufzunehmen, noch die der gegenseitigen Verankerung der Gebäudewände zu erfüllen, zu welchem Zwecke dann zwischen den Trägerenden und den Wänden eine Verbindung nach Art von Fig. 3, 4, 5, 6 u. Fig. 514, 515, 516 (S. 179[7]) in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches« hergestellt werden mufs. Diese Verbindungen können mit geringen Abänderungen auch für eiserne Träger verwendet werden; eine einfache derartige Anordnung stellt Fig. 2 dar. Bei schweren Trägeranordnungen erfolgt diese Verbindung gewöhnlich in der durch Fig. 602 (S. 224[8]) im gleichen Bande dargestellten Weise, indem man eine untere Rippe der Lagerplatte, in welcher der Träger unbeweglich befestigt ist, nach unten in das

[5]) 2. Aufl.: Fig 605 u. 606, S. 245 u. 246

[6]) 2. Aufl.: Fig. 528, S. 194.

[7]) 2. Aufl.: Fig. 527, 528 u. 529, S. 194

[8]) 2. Aufl.: Fig. 618, S. 256 u. Fig. 620, S. 257

Mauerwerk greifen läfst und hier vergiefst. Vorausfetzung ift hierbei, dafs das Mauerwerk zum Einftemmen der erforderlichen Nut feft genug ift. Diefe Art der Befeftigung wird aber nach dem an der bezeichneten Stelle Gefagten dann für die Wände gefährlich, wenn die Träger lang und erheblichen Wärmefchwankungen ausgefetzt find, weil die Mauern dann durch die Längenänderungen der mit ihnen feft verbundenen Träger hin und her bewegt werden. In folchen Fällen mufs man die Verankerung der Wände durch die Deckenträger aufgeben und die Wandftärken nötigenfalls unter Anfügen von Strebepfeilern fo bemeffen, dafs die Wände für fich hinreichend ftandfeft find. (Siehe Teil III, Bd. 1 [Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 11, b: Wandverftärkungen] diefes »Handbuches«.) Eine gewiffe wagrechte Beeinfluffung erfahren die Wände dann immer noch durch die Reibung der Träger auf ihren Lagern; diefe ift bei der Unterfuchung der Wände zu berückfichtigen.

Bei Feuersbrünften wurde mehrfach der Einfturz der Gebäude dadurch hervorgerufen, dafs die Längenausdehnung der an den Enden feft eingemauerten eifernen Träger infolge des hohen Wärmegrades die Mauern nach aufsen umwarf. Es ift daher notwendig, den Enden eiferner Träger genügend freies Spiel zu laffen, d. h. das Mauerwerk vom Trägerende zurückzufetzen und die Bolzenlöcher etwaiger Ankeranfchlüffe länglich zu geftalten (Fig. 2). Das Mafs der Ausdehnung berechne man für Eifen und Stahl nach dem Ausdehnungsverhältniffe 0,0000123 für 1 Grad C. Wärmezunahme und mache ferner noch die Annahme, dafs die ganze Längenänderung an einem Trägerende zum Austrage kommt.

Bei den hohen amerikanifchen Häufern hat fich diefe Mafsregel nicht als genügend erwiefen, weil man bei ihrer Höhe die Unterftützung der Wände durch die Innenteile in wagrechtem Sinne nicht entbehren konnte. Hier find deshalb in neuerer Zeit die Aufgaben umgekehrt[9]); man läfst nicht die Decken durch die Wände tragen, fondern errichtet zunächft ein felbftändig tragfähiges Eifengerüft, welches die ganze Laft des Gebäudes trägt und fetzt dann eine fchwache Aufsenverkleidung, in der Regel aus grofsen gebrannten Thonkaften (Terrakotten) mit geringem Gewichte gebildet, in die äufseren Mafchen diefes Eifengerüftes ein, welches fomit nun auch die Aufsenwände trägt. Da letztere bei diefer Anordnung alle Bewegungen des Eifengerippes mitmachen, fo ift die Gefahr ihrer Verletzung durch Längenänderungen der Träger gehoben, wenn fie nur ficher in die Felder des Eifenbaues eingebunden find. Selbftverftändlich find dabei ftarke eiferne Stützen auch im Umfange des Gebäudes nötig.

Da die Deckenträger fich gleichmäfsig über die ganze Länge der Mauern verteilen müffen, fo ift die Lagerung einer gewiffen Anzahl derfelben über den Maueröffnungen des unteren Gefchoffes im allgemeinen nicht zu umgehen. Sind diefe fchmal, z. B. gewöhnliche Fenfter eines Wohnhaufes, fo kann man die Deckenträger unbedenklich, wie es gerade bequem erfcheint, über dem Schlufsbogen der Oeffnung lagern. Werden die Oeffnungen aber weit, z. B. bei Einfahrten, Schaufenftern u. dergl., fo ift für den Abfchlufs mittels Wölbbogen meift keine genügende Höhe vorhanden; auch würden die bedeutenden Laften Bogenfchübe bewirken, für welche die Widerlager nicht vorhanden find. Man lege dann zunächft Träger über diefe Oeffnungen, welche die Laft der Deckenträger und dazu häufig noch diejenige der Mauern der darüberliegenden Gefchoffe zu tragen haben.

---

[9]) Siehe: Emperger's Mitteilungen in: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. 34, S. 521 (1895, Juli-Dezember), — ferner: Oeftr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 1, 38.

In dem Falle, daſs die gewölbten Bogen über den Oeffnungen wohl zur Aufnahme der aufruhenden Mauerlaſt, nicht aber zu derjenigen der Deckenlaſt ſtark genug erſcheinen, lege man in die Mauer über den Bogen noch einen mauerlattenartigen Längsträger, welcher die Deckenträger aufnimmt. Dieſer Träger ſoll nun aber nicht wie eine Mauerlatte bloſs druckverteilend wirken, ſondern er ſoll die geſamte, über der Oeffnung ruhende Deckenlaſt aus ihrem Bereiche auf die Seitenbegrenzungen übertragen; daraus folgt, daſs er nicht voll auf dem Bogen untermauert werden darf, ſondern beiderſeits neben der Oeffnung regelrechte Auflager erhalten, innerhalb der Oeffnung aber vom Mauerwerke ſo weit frei bleiben muſs, daſs er die ſeiner Belaſtung entſprechende Durchbiegung annehmen kann, ohne das Mauerwerk zu berühren.

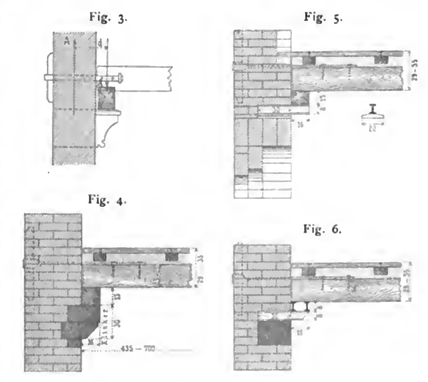


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Bei ſchwachen und bei ſtark belaſteten Mauern erſcheint das Einlagern von Mauerlatten regelmäſsig, oft aber auch das Einſtecken der Balkenköpfe unzuläſſig, weil die entſtehenden Löcher zu bedeutende Schwächung der Mauer hervorrufen.

In ſolchen Fällen kann man:

1) die Balken auf ausgekragte Lager aus Backſtein, Hauſtein oder Eiſen lagern, indem man entweder unter jeden Balkenkopf ein Kragſtück, bezw. eine Konſole ſetzt, oder

2) die Balken mittels eines auf in weiterer Teilung angebrachten Konſolen oder anderen Vorkragungen gelagerten Trägers unterſtützt (Fig. 3, 5 u. 6), oder

3) einige Kragſchichten auf die ganze Länge der Mauer vorſtreckt (Fig. 4). Bei dieſer Art der Lagerung wird allerdings die Wand inſofern ungünſtig beanſprucht, als das Kräftepaar *A* (Fig. 3) ſie mit der Momentengröſse *Ad* nach innen zu kanten ſucht; die Mauer muſs dann alſo ſtark genug ſein, um auſser den auf ſie wirkenden lotrechten Laſten auch dieſes Moment aufzunehmen. Iſt aber die Wand — z. B. durch einen vom Dachſtuhle ausgeübten Schub — ſchon vorwiegend an der Auſsenkante belaſtet, ſo kann dieſe die Preſſungen an der Innenkante vergröſsernde Art der Balkenlagerung ſogar günſtig für die Wand wirken.

Die Hauſteinkonſolen greifen thunlichſt durch die ganze Wandſtärke; bei ihnen wie bei den in Backſteinen vorgekragten Schichten ſoll die Ausladung bis Auflagermitte (*A* in Fig. 3) die Hälfte der Höhe nicht überſchreiten.

Eine Verankerung der Wand, wenigſtens an einzelnen Balken, wird auch hier regelmäſsig ausgeführt (Fig. 3 bis 6).

Die Lagerung hölzerner Balken vor der Wand erfolgt bei geringer Stärke der letzteren auch zu dem Zwecke, die Balkenköpfe, welche bei Einlagerung die ganze

Mauerftärke durchdringen würden, nicht mit dem Hirnende der Witterung auszufetzen.

Ausgeführte Beifpiele derartiger Lagerung auf Kragfchichten und Konfolen zeigen Fig. 4, 5 u. 6, welche dem Gymnafial-Konviktsgebäude in Horn [10]) entnommen find.

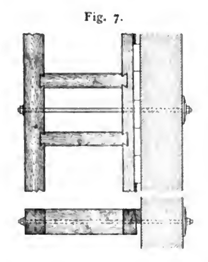
Da die Säle bedeutende Längen (bis zu 23 m) haben, fo fürchtete man die bei Einlagerung der Balken der verwendeten Dübeldecke unvermeidliche Schwächung der Mauern und führte daher bei 6,00 bis 7,15 m Saaltiefe die in Fig. 4 dargeftellte Kraglagerung in harten Klinkern aus; die Mehrkoften hierfür betrugen, einfchl. der Lagerfchwelle und des Putzens des die Kragleifte verdeckenden Gefimfes, für 1 lauf. Meter 3,75 Mark (= 2,2 Gulden). Bei Saaltiefen von weniger als 6,00 m wurde die Vorkragung in den gewöhnlichen Mauerfteinen ausgeführt und koftete dann nur 0,53 Mark (1,9 Gulden) für 1 lauf. Meter.

Ueber den Fenftern liefs fich die Steinvorkragung wegen mangelnder Höhe nicht mehr durchführen; hier wurden daher in 75 cm Abftand kurze Abfchnitte von I-Trägern Nr. 8 unter Auflagerung auf kleine gufseiferne Druckverteilungsplatten eingemauert, welche dann die Auflagerfchwelle tragen (Fig. 5). Die in Fig. 6 dargeftellte Anordnung von eifernen Kragträgern auf Auflagerquadern, welche als Lagerfchwelle ein Paar I-Träger Nr. 8 tragen, wurde wegen der geringeren Höhe in Betracht gezogen, jedoch gegenüber der gewählten Anordnung nach Fig. 4 als zu teuer erkannt.

Die Verankerung folcher Wände, welche parallel zu den Balken laufen, alfo der fog. Giebelwände, kann durch die Balkenlage nur in viel mangelhafterer Weife erfolgen, als die derjenigen Wände, welche die Balkenköpfe aufnehmen, da der Widerftand der Balkenlage in diefem Sinne lediglich vom geringen feitlichen Biegungswiderftande der Balken abhängt. Man foll daher folche Wände in der Regel fo ausbilden, dafs fie ohne Verankerung ficher ftehen, daher namentlich den letzten Träger der Balkenlage nicht in, fondern vor die Wand legen.

Wird gleichwohl in einzelnen Fällen eine folche Verankerung nötig, fo foll man dazu nicht blofs den letzten, fondern wenigftens zwei, wenn möglich drei Balken nutzbar machen, indem man nach Fig. 7 zwei fchwache Wechfel in kurzem Abftande voneinander einzieht und in ihrer Mitte den Anker — hier Rundeifen — durch die Balken und die Wand führt. Dabei mufs der letzte Balken feft gegen die Wand abgekeilt fein, was übrigens auch wegen des fpäter zu befprechenden dichten Anfchluffes der Balkenlage an die Wand nötig ift.

Fig. 7.



Wefentlich wird diefe Art der Verankerung im fertigen Gebäude durch folche Fufsböden und Deckenausbildungen unterftützt, welche eine auf Zug widerftandsfähige Verbindung zwifchen den Balken herftellen, alfo namentlich bei Bretterfufsböden und bei Deckenfchalung, da durch folche der feitliche Biegungswiderftand aller Balken für die Verankerung nutzbar gemacht wird.

Bei eifernen Balken ändert fich die Anordnung gegen Fig. 7 in keinem wefentlichen Punkte.

Ift nun die Tragfähigkeit der Mauern fo gering, dafs fie auch die Lagerung auf Vorkragungen nicht ertragen, fo mufs man vor ihnen ein Traggerüft aus hölzernen Stielen mit hölzernen Balken oder eifernen Stützen mit Eifenträgern aufftellen, wenn man die Wände nicht in der auf S. 5 für die hohen amerikanifchen Häufer befprochenen Weife überhaupt in ein felbftändiges eifernes Traggerüft blofs

[10]) Nach: Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 361

einhängt. Die Eiſenſtützen werden ganz nach dem in Teil III, Band 1 (S. 184 u. ff. [11]) dieſes »Handbuches« über Freiſtützen in Eiſen Geſagten behandelt, indem man ſie bis auf die unmittelbar auf dem Baugrunde vorzunehmende Gründung hinabführt; hölzerne Stiele ſtellt man dagegen gern auf einen ſteinernen Sockel mit Deckquader, um das untere Ende über dem Erdboden trocken und unter guter Aufſicht zu halten (Fig. 8). Dabei werden die Stiele gegen den darüberliegenden Längsträger und — wenn ein Balken über dem Stiele liegt — auch gegen dieſen durch Kopfbänder verſpreizt. Das untere Stielende wird in den Quader etwas eingelaſſen oder ſtumpf aufgeſetzt und mittels Dollen unverſchieblich gemacht; dieſe Vorkehrungen ſind jedoch bedenklich, wenn Näſſe den Stiel erreichen kann. Es iſt zweckmäſsig, zwiſchen die Hirnfläche des Stieles und den Quader eine 1,5 mm dicke, an Gröſse dem Stielquerſchnitte entſprechende Blei- oder wenigſtens Schwarzblechplatte einzulegen, welche den Druck auch bei geringen Unebenheiten der Aufſtandflächen gleichförmig verteilt und zugleich einigen Schutz gegen Feuchtigkeit gewährt.

Fig. 8.

3. Fachwerkwände. Bei Wänden aus Holzfachwerk erfolgt, wie dies ſchon in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 6: Wände aus Holz und Stein [Holzfachwerkbau], insbeſondere unter a [Holzgerippe]) ausgeführt worden iſt, die Lagerung der Balken zwiſchen dem Rahmen des unteren und der Schwelle des oberen Geſchoſſes, ſo daſs alſo die Balkenlage die Wände zweier aufeinander folgender Geſchoſſe trennt. Die Balken werden dabei mit Rahmen und Schwelle haken-, kreuz- oder ſchwalbenſchwanzförmig verkämmt, um als Anker für die Wände dienen zu können. Zu beachten iſt übrigens nur die Regel, daſs die Balken nicht weit von den Stielen des Fachwerkes entfernt liegen ſollen, woraus folgt, daſs die Stielteilung der Balkenteilung thunlichſt entſprechen ſollte. Ueber die Anordnungen, welche zur Verſtärkung der Rahmen zu treffen ſind, wenn aus irgendwelchen Gründen die Balken nicht über die Stiele gelegt werden können, vergleiche die oben angezogene Stelle.

b) Unterſtützung durch Freiſtützen.

4. Freie Mittelſtützen. In der Regel wird man die Balken einer Decke ſo legen, daſs ſie die kleinere Abmeſſung des zu deckenden Innenraumes frei überſpannen. Wird dieſe aber zu groſs, um noch mit den zweckmäſsig zu verwendenden Balkenmaſsen überdeckt werden zu können, ſo muſs man für die Balken noch Mittelunterſtützungen anordnen.

Solche Mittelunterſtützungen der Balken werden letztere in der Regel rechtwinkelig kreuzen. Da die Balken aber nach der kleineren Raumabmeſſung gelegt waren, ſo werden dieſe Unterſtützungen nunmehr die gröſsere Weite zu überſpannen und die groſsen von den Balken geſammelten Laſten zu tragen haben. Für dieſe unterſtützenden Träger, welche, je nachdem ſie die Balken durch Anhängen oder Auflagern aufnehmen, bezw. Ueberzüge oder Unterzüge heiſsen, wird man ſonach ganz beſonders groſser Tragfähigkeit bedürfen; man wird daher häufig in die

[11]) 2. Aufl.: S. 199 u. ff.

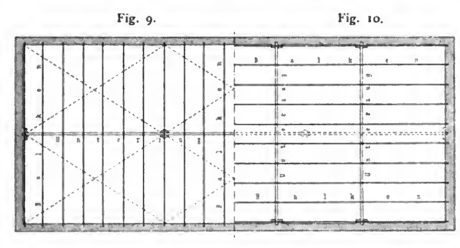
Lage kommen, die Ueberzüge und Unterzüge in gewiſſen Abſtänden ihrerſeits wieder durch andere Konſtruktionsteile unterſtützen zu müſſen.

Dieſe Unterſtützung der Ueber- und Unterzüge erfolgt auf zweierlei Weiſe, entweder:

1) Von oben, durch Anhängen an den Dachſtuhl; dieſe Unterſtützungsart kann in der Regel nur in der Dachbalkenlage erfolgen und wird im nächſten Hefte (Abt. III, Abſchn. 2, unter E: Dachſtuhlkonſtruktionen) dieſes »Handbuches« behandelt werden; ſie läſst den darunter befindlichen Innenraum vollkommen frei.

2) Von unten durch Auflagerung auf geſondert gegründete Freiſtützen, deren eiſerne Säulen oder hölzerne Stiele die völlig ungeſtörte Benutzung der Räume bis zu gewiſſem Grade beeinträchtigen. Ein einfaches Tragwerk dieſer Art zeigt Fig. 9. Der ganze Raum iſt dabei nur durch zwei Freiſtützen und den unter der Decke ſichtbaren Längsunterzug geſtört, enthält auſserdem vielleicht an den kurzen Seiten zwei Wandvorlagen zur Aufnahme der Endauflager des Unterzuges.

Fig. 9. Fig. 10.



Iſt das Aufſtellen von Freiſtützen in den Räumen nicht zuläſſig, auch das Anhängen an das Dach unmöglich, ſo bleibt als letzte Anordnung der Unterſtützung die Spannung einer gröſseren Zahl von Unterzügen nach der kurzen Raumabmeſſung in ſolcher Teilung übrig, daſs die Balken nunmehr der Länge des Raumes nach von Unterzug zu Unterzug geſtreckt werden können, wie in Fig. 10. Dieſe Anordnung zeigt auch das durch Fig. 598 bis 602 (S. 221 bis 226) in Teil III, Bd. 1 (Art. 319 [12]) veranſchaulichte Beiſpiel 2.

Die Unterzüge werden als Balken oder gegliedert aus Holz oder Eiſen nach denjenigen Regeln ausgebildet, welche bezüglich der »Träger« in Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abſchn. 2, Kap. 3 u. Abſchn. 3, Kap. 7) dieſes »Handbuches« gegeben ſind.

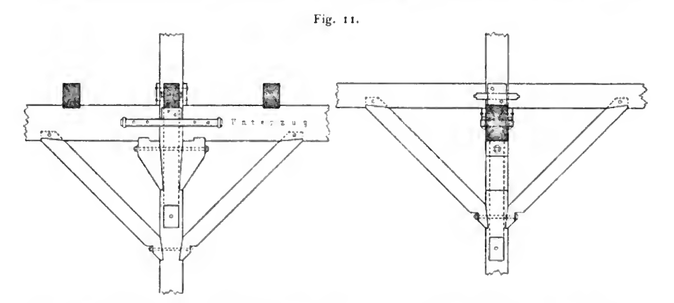
Die Unterzüge können auf die Freiſtützen in gewöhnlicher Weiſe im Schwerpunkte des Stützenquerſchnittes aufgelagert werden, wenn die Stützen nur durch ein Geſchoſs reichen. Muſſen ſie durch mehrere Geſchoſſe durchgeführt werden, ſo iſt es für Eiſenkonſtruktionen in der Regel, für Holzbauten ſtets unzuläſſig, Unterzug und Balken oder einen von beiden auf die untere Stütze zu lagern und dann die obere Stütze auf die Träger zu ſetzen, da hierdurch die Laſtübertragung in den Stützen verſchlechtert und die Steifigkeit der oft ſehr hohen Konſtruktion gegen ſeitliche Verdrückungen weſentlich beeinträchtigt wird. Bei Holz iſt dieſe Unterbrechung der Stützen beſonders gefährlich, weil hier durch das Einlegen von Querholz in das Langholz der Freiſtützen erhebliche Sackmaſse entſtehen. Hätte z. B. ein Lagerhaus 5 Obergeſchoſſe und in jedem derſelben Unterzüge von 32 cm und Balken von

12) 2. Aufl.: Art. 329 u. Fig. 616 bis 620 (S. 253 bis 259).

25 cm Höhe, welche die Freiftützen unterbrechen, fo befänden fich in der Stützung des Fufsbodens des oberften Gefchoffes 5 (32 + 25) = 285 cm Querholz; nimmt man nun an, dafs das Querholz feine Höhe durch Eintrocknen und Zufammendrücken durch die Freiftützenbelaftung auch nur um 3 Hundertftel verringert, fo entftände im oberften Gefchoffe fchon ein Sackmafs von $3 \frac{285}{100} = 8{,}55$ cm, welches den Boden diefes Gefchoffes ernftlich gefährden würde.

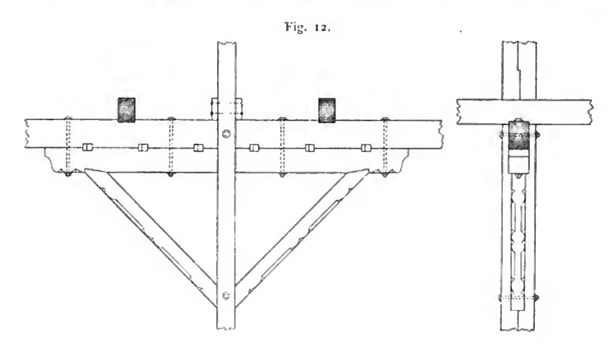
5. Hölzerne Freiftützen. Beifpiele der Unterftützung von Unterzügen und Balken mittels hölzerner Freiftützen zeigen Fig. 11 bis 15. In Fig. 11 ift der Unterzug aus einem ftarken Balken, nötigenfalls verzahnt oder verdübelt, gebildet, welcher mitten vor die durchgehende hölzerne Freiftütze trifft, die man wohl auch Stiel, Pfoften oder

Fig. 11.



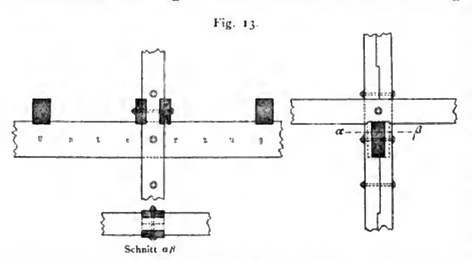
Ständer nennt. Der Unterzug mufste daher, um den Stiel nicht durch Zapfen zu fchwächen, mittels angebolzter, verfatzter Knaggen unterftützt werden. Um jedoch nicht die Sicherheit der Lager dem einen Knaggenbolzen allein anzuvertrauen, find die Enden der Unterzugftücke noch durch zwei mit Krampen befeftigte Flachfchienen

Fig. 12.



verbunden. Auſserdem ſind zwei Kopfbänder zur Verſteifung des Stieles eingeſetzt, welche im Stiele aber bloſs Verſatzung, keine Zapfen erhalten. Wie der Unterzug von der einen, ſo ſtöſst von der anderen Seite ein Balken mitten auf den Stiel, welcher gegen dieſen mittels zweier Kopfbänder und angenagelter Bohlenſtücke abgeſtützt iſt; die beiden Balkenenden ſind durch zwei Eiſenklammern verbunden. In Balkenhöhe ſind noch zwei Bohlenſtücke an den Stiel genagelt, um die Fuſsbodenbretter lagern zu können. Obwohl der Stiel hier ungeſchwächt durchgeht, iſt die Anordnung doch eine mangelhafte, weil das Durchſchneiden ſowohl des Unterzuges, wie des Balkens die wirkſame Verankerung der Stiele und Wände weſentlich beeinträchtigt. Das Durchſchneiden des Unterzuges hat auſserdem die Folge, daſs die Ausnutzung der Vorteile unmöglich wird, welche durch Anordnung überkragender Gelenkträger erreicht werden können.

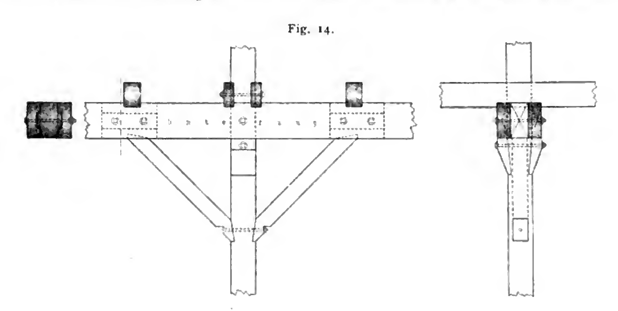
Fig. 13.



Auch in Fig. 12 iſt der Unterzug einfach; um ihn nicht durchſchneiden zu müſſen, iſt der Stiel doppelt (verſchränkt) angeordnet. Unterzug und Sattelholz liegen in einer Durchbrechung des Doppelſtieles, deſſen Seitenteile gleichwohl unmittelbare Laſtübertragung von oben nach unten ermöglichen. Das Zuſammentreffen von Balken und Stiel iſt dadurch vermieden, daſs der Stiel in die Mitte einer Balkenteilung geſtellt wurde. Die Enden der auf den Stiel ſtoſsenden Fuſsbodenbretter werden durch angenagelte Bohlenſtucke unterſtutzt.

Ebenſo iſt in Fig. 13 der Stiel doppelt mit Verſchränkung angeordnet; er nimmt den Unterzug, welcher in der Ueberkreuzung von beiden Seiten ausgeſchnitten iſt, in einer Durchbrechung auf, ſo daſs dieſer, wenn auch geſchwächt, durchläuft.

Fig. 14.



Auch der den Stiel treffende Balken ift in diefem Falle nicht durchfchnitten; er ift vielmehr doppelt angeordnet, umfafst mittels Ausfchneidungen den Stiel von beiden Seiten und geftattet zugleich die Lagerung der Bretterenden am Stiele; der Stiel ift nun offenbar nach allen Seiten wirkfam verankert. Wegen der günftigeren Lagerung aller Teile ift vom Anbringen von Kopfbändern abgefehen. Mängel diefer Anordnung find die rechteckige Stielform, welche mit Rückficht auf Zerknicken dem Quadrat gegenüber einen Mehraufwand erfordert, und die Schwächung des Unterzuges in der Stütze, der Stelle eines feiner gröfsten Biegungsmomente, wenn er durchlaufend oder überkragend angeordnet ift.

Wefentlich kräftiger kann man den Unterzug für fchwere Decken ausbilden, wenn man fowohl ihn, als auch den Balken doppelt anordnet (Fig. 14). Er ift in eine flache Ausklinkung des Stieles gelegt, im übrigen durch angebolzte Knaggen unterftützt und fomit über der Stütze ganz ungefchwächt. Die beiden Balkenhälften umfaffen auch hier den Stiel beiderfeits mit Ausfchneidungen; zur Abfteifung find zwifchen Stiel und Unterzug wieder Kopfbänder eingefügt, welche unten auf den Stiel treffen, oben aber in den Zwifchenraum des doppelten Unterzuges. Um hier Verfatzung anordnen zu können, wurde zwifchen die beiden Unterzughölzer ein Klotz eingefügt, welcher nach Fig. 14 (Querfchnitt) beiderfeits mit Ohren in die Hölzer eingreift, um in lotrechtem, wie wagrechtem Sinne unter dem Drucke des Kopfbandes gegen Verfchiebung gefichert zu fein.

Von den vorgeführten vier Anordnungen in Holz (Fig. 11 bis 14) entfpricht die letzte den zu ftellenden Anforderungen am beften.

Fig. 15 zeigt eine Holzftieldurchbildung mit eifernen Unterzügen aus den Lagerhäufern des Freihafengebietes in Bremen, welche in äufserft gefchickter Weife dem fünfgefchoffigen Stiele ein ficheres Gefüge giebt, im Querfchnitte den nach unten zunehmenden Laften genau angepafst ift und die Kraftübertragung aus den Unterzügen in den Stiel in der Schwerlinie des letzteren faft vollkommen fichert. Letztere wichtige Eigenfchaft geht namentlich der Anordnung in Fig. 11 völlig ab; denn eine Laftabgabe aus dem Unterzuge an den Stiel in feiner Schwerlinie ift nur in dem einen Falle denkbar, dafs die Auflagerdrücke der beiden an den Stiel ftofsenden Unterzugenden zufällig genau gleich find.

Bei der Bremer Anordnung in Fig. 15 werden zwar die Stielhölzer durchfchnitten und die Unterzüge zwifchen diefelben eingefügt; hier ift dies aber unbedenklich, weil in jedem Boden mindeftens einer der feft miteinander verbolzten Stielteile ungefchwächt durchgeht und zur Verfteifung der durchgefchnittenen dient, weil ferner die eifernen Unterzüge einer mefsbaren Zufammendrückung nicht ausgefetzt find. In einer Länge hätte man die Stiele nur unter Ueberwindung grofser Schwierigkeiten aufftellen können, und die gewählte Anordnung ergiebt eine vorzügliche Stofsanordnung.

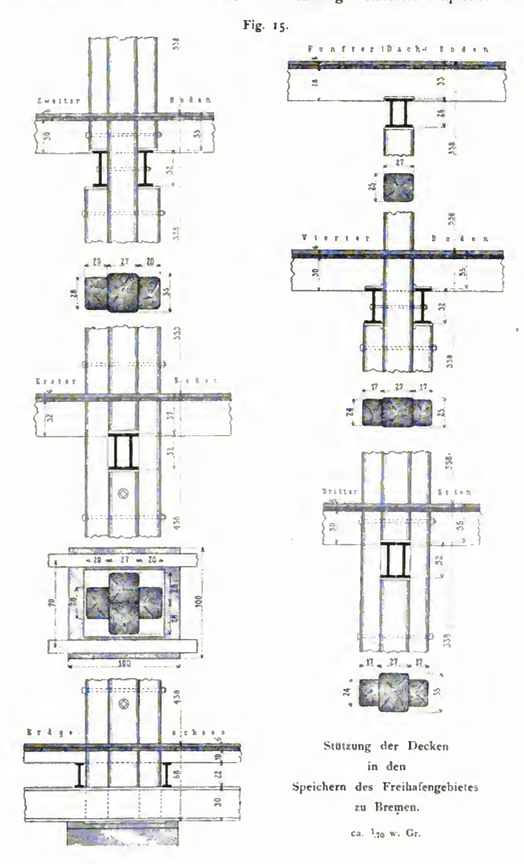
Unten ift der Stiel, wie jener in Fig. 8, auf einen Mauerpfeiler im Keller gefetzt; es ift jedoch zunächft eine in Zement verlegte Eifenplatte eingelegt, um eine ebene Aufftandfläche und gute Druckverteilung zu erreichen, und ebenfo treten die Stielhölzer in den übrigen Gefchoffen nicht unmittelbar gegen die Unterzüge, fondern gegen Eifenplatten, welche auch hier zur Nutzbarmachung des ganzen Holzquerfchnittes und zur ficheren Vereinigung der nebeneinander liegenden Hälften doppelter Unterzüge dienen.

Ein wefentlicher Grund für die Wahl der Eichenholzftiele war die Feuerficherheit. Nach Verfuchen der Londoner Feuerwehr kohlt ein Eichenftiel zwar aufsen an, brennt aber wegen Mangels an Sauerftoff nicht eigentlich. Ift er dann durch eine harte Kohlenfchicht gefchützt, fo bleibt er bei Hitzegraden, bei denen gufs-, fchweifs- oder flufseiferne Stiele zu Grunde gehen würden, noch ftundenlang tragfähig[13]).

[13]) Siehe auch Teil III, Band 6 (Abt. III, Abfchn. 6, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer) diefes »Handbuches« — ferner: Deutfche Bauz. 1895, S. 60, 137.

Auch gufseiferne Freiftützen können zur Unterftützung fowohl hölzerner, wie eiferner Unterzüge oder Balken verwendet werden. Die allgemeinen Grundfätze find hier diefelben, wie bei Holzbauten; vor allem foll auch hier der ungefchwächte Stützenquerfchnitt thunlichft ohne Abweichung von der Lotrechten durchgeführt werden. Ganz befonders ift vor ftarker Ausladung belafteter Kapitelle und Fufs- 6. Gufseiferne Freiftützen.

Fig. 15.

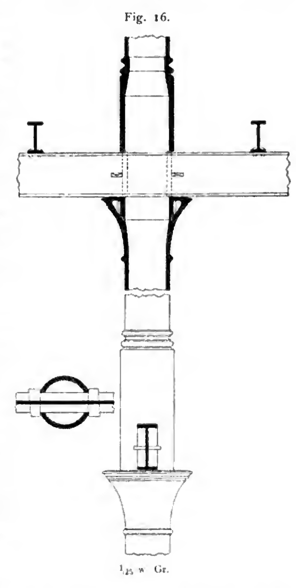


Stützung der Decken in den Speichern des Freihafengebietes zu Bremen.

ca. 1/10 w. Gr.

profile zu warnen, da ſolche unter der Laſt bereits thatſächlich abgeſchert und ſo Anlaſs zum Einſturze wurden, wobei ſich die Stützenteile, wie die Auszüge eines Fernrohres, ineinander ſchoben. Sockelprofile ſollen daher in ſchlanker Ausweitung nur wenig ausladen (Fig. 16). Sind aus äſthetiſchen Rückſichten ſtarke Ausladungen verwendet worden, ſo müſſen ſie entweder durch Ummantelung hergeſtellt oder im Inneren durch nach dem Mittelpunkte gerichtete Verſteifungsrippen gegen Bruch geſichert werden (Fig. 17 u. 23). Ausladende Kapitellteile ſollen niemals die obere Stütze, ſondern höchſtens die Laſt des Unterzuges ihres Geſchoſſes aufnehmen. Dies wird dadurch erreicht, daſs man, wie z. B. in Fig. 16, den Schaft des oberen Säulenfuſses ſo tief in das Kapitell hineinſteckt, daſs er unmittelbar auf den Schaft des unteren Stützenteiles trifft; dabei ſind geringe, ſchlank zu bildende Ausweitungen wegen der Sockelausladung am oberen Teile meiſt nicht zu vermeiden.

Fig. 16.



1/25 w. Gr.

Auf die Maſsregeln zur Sicherung der Guſsſtützen gegen Feuersgefahr, Luft- oder Waſſerſtrom im Inneren, Umhüllung durch feuerfeſte Körper etc., welche noch in Teil III, Band 6 (Abt. V, Abſchn. 1, Kap. 1, unter a) dieſes »Handbuches« zu beſprechen ſein werden, möge hier noch hingewieſen werden, ſowie auch auf die Notwendigkeit der Fürſorge für ſichere Waſſerabführung aus dem Inneren, ſelbſt dann, wenn das Eindringen von Waſſer in die fertige Stütze ausgeſchloſſen iſt. Es iſt der Fall vorgekommen[14]), daſs ſich die Stützen eines Gebäudes vor Aufbringen des Daches bei anhaltendem Regen mit Waſſer füllten. Der Bau blieb im Winter im Rohbau ſtehen, und im Frühjahre fanden ſich dann mehrere der Stützen in der Formnaht völlig aufgeſprengt. Man ſehe daher in allen hohlen Guſsſtützen Abzuglöcher für Waſſer ſo vor, daſs die Anſammlung desſelben im Inneren überhaupt unmöglich iſt.

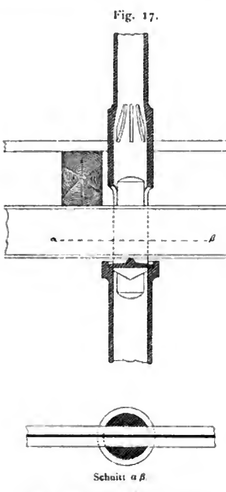
Fig. 16 zeigt eine Freiſtütze, welche einen einfachen Unterzug und darauf ruhende Balken von I-förmigem Querſchnitte trägt. Hier iſt angenommen, daſs eine Feldmitte der Balkenteilung auf die Stütze trifft, die ſomit nur mit dem Unterzuge in unmittelbarer Berührung ſteht. Letzterer iſt nun durch ein Loch am Unterteile der oberen Stütze geſteckt und auf der Wandſtärke der unteren Lochbegrenzung gelagert; zwiſchen dem ſcheinbaren Kapitell und dem Unterzuge iſt dagegen ein offener Spielraum geblieben (ebenſo auch in Fig. 23), und die Laſt wird ſomit unmittelbar an die Stütze abgegeben. Die Kapitellbildung iſt lediglich der Ausſchmückung halber erfolgt und könnte aus Zink oder in ganz ſchwachem Guſſe hergeſtellt ſein. Der durchgeſteckte Unterzug iſt durch beiderſeits vorgeſetzte Keile gegen die Stütze unverſchieblich gemacht.

[14]) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 608.

Von befonderer Wichtigkeit ift vollkommener Schlufs der Fuge zwifchen beiden Stützenteilen, welche zur Verhinderung felbft kleiner Verfchiebungen falzförmig geftaltet ift; die Fugenflächen müffen bei guter Ausführung in beiden Teilen abgedreht fein, und dichten Schlufs erreicht man, indem man bei leichten Stützen Blei-, bei fchwereren Kupferringe einlegt.

Diefe Konftruktion geftattet die durchlaufende Anordnung des einfachen Unterzuges, hat aber den für fchwere Stützen fehr erheblichen Mangel, dafs der Stützenquerfchnitt durch den durchgefteckten Träger erheblich gefchwächt wird und dafs bei unvermeidlichen Durchbiegungen des Unterzuges eine fchiefe (exzentrifche) Belaftung der Stütze vorwiegend auf dem einen oder anderen Lagerrande entftehen mufs. Die Balken find auf den Unterzug genietet; der Querfchnitt der letzteren mufs alfo unter Abzug der Nietlöcher berechnet werden. Die Gufsform aller Stützenteile ift, abgefehen von der Kapitellausladung, fehr einfach; in letzterer find Verfteifungsrippen angedeutet, welche jedoch nur zur Ausführung kommen, wenn das Kapitell Laften aufzunehmen hat.

Fig. 17.



Schnitt αβ.

Vom Gafthof »Englifcher Hof« zu Hildesheim. — 1/25 w. Gr.

Die bezüglich der Anordnung in Fig. 16 gerügten Mängel: fchiefe Lagerwirkung des Unterzuges bei Durchbiegungen und Schwächung der Stütze, find in der Ausführungsweife nach Fig. 17 vermieden oder doch abgefchwächt.

Um die Kantenlagerung des durchgefteckten Unterzuges auf dem unteren Stützenteile bei Durchbiegung zu vermeiden, ift in den Hohlraum des oberen auf den Rand des unteren zunächft eine Schneidenplatte von tragfähigem **T**-Querfchnitte gelegt, welche die Uebertragung des Lagerdruckes vom Unterzuge felbft nach deffen Durchbiegung genau in der Stützenmitte fichert. Die Schwächung des oberen Stützenteiles durch die Oeffnung für den Unterzug ift durch Verdickung des übrig gebliebenen Wandteiles erfetzt. Damit aber der volle Querfchnitt diefer Verftärkung durch volles Auffetzen der Unterfläche wirklich zur Wirkung gelangt, ift diefelbe Verftärkung auch auf einige Länge im Kopfe des unteren Stützenteiles niedergeführt.

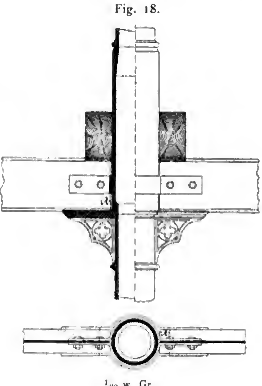
Eine ganz ähnliche Anordnung für fchwerere Stützen mit noch befferem Ausgleiche der Schwächung des oberen Teiles zeigt Fig. 23. Um die Gufsmodelle zu vereinfachen, ift hier für das Durchftecken des Unterzuges ein gefondertes Gufsftück zwifchen die untere und obere Stütze eingefchaltet, welches durch halbkreisförmiges Herumführen der drei Verftärkungsrippen oben völlig gefchloffen ift. Auch unten fchliefst fich das Zwifchenftück wieder zum vollen Ringe, fo dafs es zu einer guten Aufnahme der oberen Stützenlaft oben und zu guter Verteilung diefer und der Unterzugslaft auf den Ringquerfchnitt unten fähig ift. Die Trägerplatte mit gewölbtem

Schneidenauflager mufste daher hier auf den Unterrand der zum Durchftecken des Unterzuges beftimmten Durchbrechung des Zwifchenftückes gelagert werden.

Die Anordnung in Fig. 23 dürfte felbft für die fchwerften Stützen allen Anforderungen genügen, folange das Verhältnis der Unterzugsbreite zum Stützendurchmeffer das Durchftecken des Unterzuges geftattet; doch ift in diefer Beziehung zu betonen, dafs man durch geeignete Formung des Zwifchenftückes auch das Durchftecken von Unterzügen ermöglichen kann, deren Breite verhältnismäfsig gröfser ift als in Fig. 23.

Auch wenn der Unterzug auf der Stütze durchfchnitten fein foll, ftatt durchzulaufen, kann man die Anordnung in Fig. 23 mit Vorteil verwenden, da die Lagerung der beiden, fchwach in der Höhenmitte zu verlafchenden Enden eines durchfchnittenen Unterzuges auf die flach gewölbten Schneidenplatten ebenfowohl möglich ift, wie diejenige eines ununterbrochen durchlaufenden Trägers.

Fig. 18.



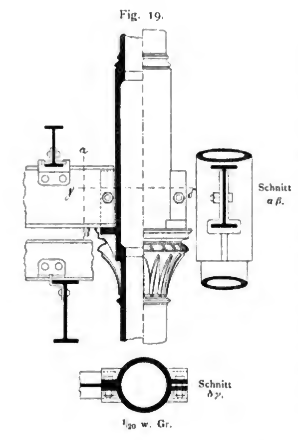
$\frac{1}{20}$ w. Gr.

Die Schwächung der Stütze ift in Fig. 18 vermieden, wo infolgedeffen aber der Unterzug nicht durchlaufen kann, fondern von beiden Seiten auf angegoffene Konfolen gelagert werden mufs; in folcher Weife geht die Möglichkeit verloren, den Unterzug durchlaufen zu laffen, und aufserdem wird die Stütze infolge der Lagerung der beiden Unterzugenden fchief belaftet (exzentrifch beanfprucht), wenn der eine Unterzug fchwerer belaftet ift, als der andere (wie in Fig. 11). Die Längsverbindung ift mittels um die Säule gelegter Flachlafchen hergeftellt.

Die Konfolen find in dem durch Fig. 18 dargeftellten Falle angegoffen, werden aber zur Vermeidung der fchwierigen Gufsform häufig gefondert hergeftellt und angefchraubt. Damit die Laftübertragung nicht weit von der Stützenmitte erfolgen kann, follen die Konfolen fo kurz fein (Länge λ in Fig. 18), wie die erforderliche Lagerfläche des Trägers geftattet. Sollen die Konfolen aus äfthetifchen Rückfichten länger fein, fo empfiehlt es fich, die eigentliche Lagerfläche dicht an der Säule erhöht herzuftellen, damit die äufseren Konfolenteile der Laft ficher entzogen werden (in Fig. 18 nur bei genauer Betrachtung zu erkennen). Um feitliche Verfchiebungen zu verhüten, ift auf der Konfolenplatte eine der Unterzugsbreite entfprechende flache Nut hergeftellt.

Das Auffetzen der Säulen ift auch hier nach den obigen Regeln ausgeführt. Der Unterzug trägt hölzerne Balken, welche die Stütze in der zweiten Richtung umfaffen.

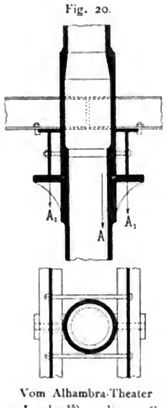
Im wefentlichen übereinftimmend mit der in Fig. 18 dargeftellten Anordnung ift die in Fig. 19 veranfchaulichte; doch find dabei einige Verbefferungen eingetreten. Die weit ausladenden Konfolen find durch kurze, angegoffene, dem Querfchnitte des durchfchnittenen Unterzuges entfprechende Hülfen erfetzt, welche mittels durch-



$^1/_{20}$ w. Gr.

gesteckter Bolzen zugleich die Verbindung der beiden Unterzugenden untereinander vermitteln. Nach unten sind diese Hülsen noch durch Rippen abgestützt, und dem Auge sind sie durch einen Kapitellmantel aus Zinkgufs verdeckt, welcher oberhalb eines angegossenen Halsringes umgesetzt, angestiftet und gelötet wird. Die Ausladung für das Sockelprofil der oberen Stütze ist auch hier durch eine geringe Ausweitung der Säule gewonnen. Um aber den Gufs trotz dieser Ausweitung und der angegossenen Trägerhülsen möglichst einfach zu gestalten, ist zwischen den Kopf der unteren und den Fufs der oberen Säule eine abgesonderte Trommel mit abgedrehter oberer und unterer Lagerfläche eingesetzt, bei welcher die Ausweitung gar keine das Ansetzen der Hülsen unerhebliche Schwierigkeiten verursacht; die Säulen sind, abgesehen vom Sockelprofil und Halsband, ganz glatt.

Die eisernen Balken sind in Fig. 19 auf den eisernen Unterzug so aufgelagert, dafs keine Verschwächung der Flansche durch Niet- oder Bolzenlöcher entsteht, dafs gleichwohl aber die Verschiebung der Balken gegen den Unterzug nach keiner Richtung möglich ist. Dies ist durch Annieten von entsprechend gebogenen und ineinander geklinkten Blechen an die Trägerstege erreicht.



Vom Alhambra-Theater zu London[15]). — $^1/_{20}$ w. Gr.

Die Mängel der Anordnungen nach Fig. 18 u. 19, nämlich die Unterbrechung des Unterzuges und die Auflagerung auf Konsolen, die wegen der schwierigen Kopfform beim Angiefsen nicht immer zuverlässig ausfallen und auch mittels Verschraubung nicht sehr sicher zu befestigen sind, werden nach Fig. 20[15]) vermieden. Abgesehen von der geringen Sockelausweitung besteht die Säule hier aus einem vollkommen glatten Cylinder, welchem nur nahe dem Kopfe ein ziemlich breiter Wulst angegossen ist. Dieser nimmt einen die Säule umhüllenden, von oben aufzuschiebenden kurzen Cylinder mit Konsolenansätzen auf; der obere Rand der unteren Säule trägt den Fufs der oberen mittels eines innen angegossenen Wulstes. Auf den Konsolen des umgelegten Cylinders ruht der doppelte Unterzug in entsprechender Nut, und in dieser sind die Lagerflächen nach Art der Lagerplatte in Fig. 2 (S. 4) etwas gewölbt, damit die Lastübertragung auch bei Durchbiegungen möglichst zentrisch bleibt. Da die Konsolen hier, statt am langen Säulenkörper, an einem kurzen Cylinderstücke angebracht

[15]) Nach: *Engng.*, Bd. 37 (1884), S. 539.

ſind, iſt ihre Herſtellung, wie diejenige der Säulen, weſentlich vereinfacht und der Guſs zuverläſſiger.

Die in Fig. 20 dargeſtellte Anordnung bedingt die Verwendung doppelter Unterzüge. Lagert man die zu tragenden Balken, wie in Fig. 20 angedeutet, ohne weiteres auf dieſe auf, ſo iſt ſchiefe Belaſtung der Stütze unvermeidlich, wegen der bei ungleicher Belaſtung oder Spannweite der Balkenteile ungleichen Auflagerdrücke A_1 und A_2, deren Mittelkraft A im allgemeinen nicht in der Mitte wirken kann. Auch die Verwendung durchlaufender oder überkragender Balken beſeitigt dieſen Uebelſtand nicht, da die Durchbiegungen der Balken auch dann noch verſchiedenartige Belaſtung der beiden Unterzughälften hervorrufen.

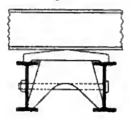
Fig. 21.

Zwei Verfahren zur Abmilderung, bezw. Beſeitigung dieſes Uebelſtandes doppelter Unterzüge, welcher Anlaſs zu weſentlichen Verſtärkungen der Stützen iſt, geben Fig. 21 u. 22 an.

In Fig. 21 iſt jeder Balken mittels zwiſchengelegter Platte nach Maſsgabe der eingetragenen Kreuze nur auf einer Hälfte des Unterzuges gelagert. Bei entſprechender Verteilung der Lager kann hierdurch die Ausgleichung der Auflagerdrücke A_1 und A_2 bis zu gewiſſem Grade erzielt werden, völlig aber ſchon aus dem Grunde nicht, weil die durch die Art der Lagerung bedingte Verſchiedenheit der Spannweiten zweier benachbarter Balken ſelbſt bei ganz gleichförmiger Belaſtung eine geringe Verſchiedenheit der Belaſtung beider Unterzughälften hervorrufen muſs.

Wirkſamer iſt das Einfügen von gewölbten Unterlegplatten zwiſchen Unterzug und Balken nach Fig. 22, welche die faſt vollkommen gleichmäſsige Laſtverteilung auf beide Unterzughälften für alle Verhältniſſe ſichert. Die Platte iſt dabei ſo geformt, daſs die Laſtübertragung gerade über dem Stege der Unterzugträger erfolgt und die unten angeſetzte Mittelrippe, zugleich eine Verſtärkung der Lagerplatte, die ſichere Abſpreizung beider Unterzughälften und die unmittelbare Belaſtung auch der unteren Gurtungen der Unterzugträger bewirkt.

Fig. 22.



Es leuchtet ein, daſs die beiden Anordnungen in Fig. 21 u. 22 ſowohl für über den Unterzügen durchgeſchnittene, wie auch für durchlaufende Balken verwendbar ſind.

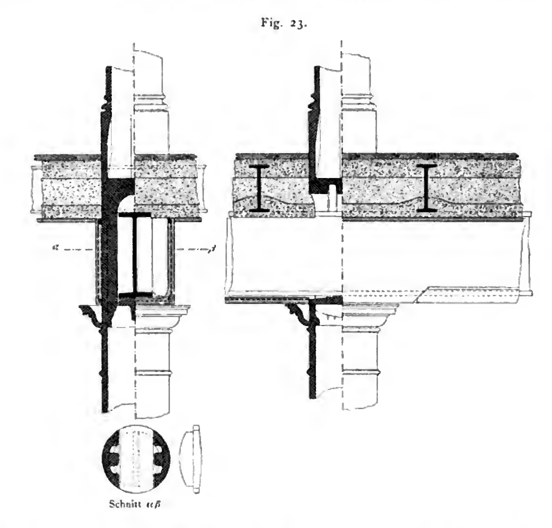
Wird der Zwiſchenraum ausgemauert oder mit Beton ausgeſtampſt, ſo kann man eine gewöhnliche Lagerplatte mitten auf dieſe Ausfüllung legen oder die Ausfüllung ſelbſt wölben und mit Zement abputzen.

Uebrigens entſpringt die Verwendung doppelter Unterzüge nicht allein der Rückſicht auf möglichſt günſtige Geſtaltung der Auflagerung auf den Stützen; ſie iſt in ſehr vielen Fällen eine Notwendigkeit, weil die ſchweren, vom Unterzuge aufzunehmenden Einzellaſten bei einfacher Anordnung des letzteren eine übermäſsige Trägerhöhe bedingen würden.

Eine beſonders gute Anordnung für einfache Unterzüge auch ſchwerer Decken zeigt Fig. 23, die oben bereits (zuſammen mit Fig. 17) kurz erwähnt wurde und in welcher nebenher noch einige ſpäter zu erläuternde Teile dargeſtellt ſind. Die Anordnung greift im weſentlichen auf die in Fig. 16 u. 17 veranſchaulichte zurück. Auch hier iſt der einfache Unterzug durch eine Oeffnung in der Stütze geſteckt;

die Mängel, die hierdurch in Fig. 16 entſtanden, ſind aber in Fig. 23 vermieden. Zunächſt befindet ſich die Oeffnung in einem beſonderen Zwiſchenſtücke, deſſen geringe Länge ſchwierigere Guſsform und damit einen Querſchnittserſatz für die durch die Oeffnung fortgenommenen Wandteile geſtattet. Im Schnitte $\alpha\beta$ ſind die drei Innenrippen zu erkennen, welche dieſen Erſatz bieten und, nach den beiden Längenſchnitten oben halbkreisförmig geſchloſſen, zugleich eine Brücke bilden, durch

Fig. 23.



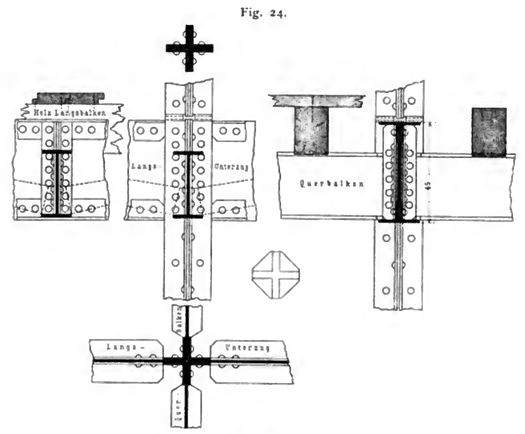
welche die über der Oeffnung wirkenden Laſtteile der oberen Stütze nach den verſtärkten Seitenteilen hin übertragen werden. Der Unterzug lagert nun nicht, wie in Fig. 16, auf den unteren Rändern der Oeffnung; zu ſeiner Auflagerung iſt vielmehr eine beſonders dargeſtellte, oben gewölbte, unten durch eine Rippe verſtärkte Auflagerplatte in die Oeffnung eingelegt, welche ſelbſt bei ganz ſchiefer (exzentriſcher) Belaſtung des Unterzuges den Auflagerdruck praktiſch genau in der Stützenmitte aufnimmt und gleichmäſsig auf den unteren Rand der Oeffnung überträgt. Da der einfache Unterzug von den Balken in ſeiner Querrichtung nicht merklich ſchief belaſtet werden kann, ſo iſt hier jede ſchiefe Belaſtung der Stütze ausgeſchloſſen, ohne daſs man der unbequemen und teueren Auflagervorkehrungen in Fig. 21 u. 22 zwiſchen Balken und Unterzug bedürfte.

Die Sockelausladung der oberen Stütze iſt hier durch Einziehen des Stützendurchmeſſers gewonnen, was mit Rückſicht auf die nach oben hin abnehmende Belaſtung meiſt möglich ſein wird.

7. Flufseiferne Freiftützen.

In neuerer Zeit kommen, wie bereits in Teil III, Band 1 (Art. 277, S. 184[16]) diefes »Handbuches« gefagt worden ift, flufseiferne Freiftützen[17]) häufiger zur Verwendung, namentlich wenn die Unterzüge genietete Träger find. Bei der grofsen Länge, in welcher die fchwächeren Eifenprofile ausgewalzt werden, kann man diefe Stützen durch viele Gefchoffe ohne Stofs hinaufreichen laffen; da jedoch hierbei eine der von oben nach unten zunehmenden Laft Rechnung tragende Querfchnittsänderung

Fig. 24.



Vom neuen Packhof zu Berlin.
1/20 w. Gr.

nicht möglich ift, fo hat man meift die Zufammenfetzung aus einzelnen Teilen mittels ftarker Verlafchungen in den Schlitzen der Querfchnitte vorgezogen[18]). (Vergl. z. B. Fig. 456 bis 459, S. 166[19]) in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches«.) Diefe hohen Stützen find aber bei der Aufftellung fehr unbequem, ein Umftand, der dazu geführt hat, die Stützen für jedes Gefchofs für fich herzuftellen, die Endflächen abzuhobeln und zwifchen diefe gleichfalls durch Hobeln dem Stützenquerfchnitte entfprechend ausgenutete Druckplatten einzulegen (Fig. 24).

Die flufseifernen Stützenquerfchnitte haben gröfstenteils (mit Ausnahme der z. B. durch Fig. 543, 545 u. 546, S. 191[20]) die im eben genannten Bande diefes »Handbuches« dargeftellten Schlitze, mittels deren Anfchlüffe erfolgen können. In der Stütze felbft füllen in der Regel Blechftreifen diefe Schlitze, die aber in den

[16]) 2. Aufl.: Art. 285, S. 208.

[17]) Ueber das Verhalten beider Eifenarten im Feuer und die Feuerficherheit eiferner Freiftützen fiehe Teil III, Band 6 (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1, a: Feuerficherheit der wichtigeren Bauftoffe und Baukonftruktionen), ebenfo Teil I, Band 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (S. 123, Art. 145: Tragfähigkeit der Stützen bei erhöhter Temperatur) diefes »Handbuches«.

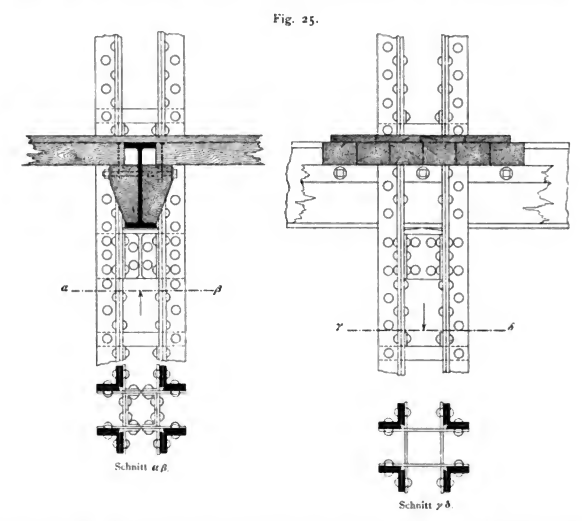
[18]) Ueber Gebäude mit folchen Stützen von mehr als 20 Gefchoffen fiehe: *Engng. news*, Bd. 27 (1892), S. 2, 3, 41, 42.

[19]) 2. Aufl.: Fig. 467 bis 470, S. 180.

[20]) 2. Aufl.: Fig. 556, 558 u. 559, S. 213.

Anfchlüffen, wenn fie nur wegen des Widerftandes gegen Zerknicken zugegeben find, wegfallen können. Die Möglichkeit des Anfchluffes von vier Seiten läfst nun alle die Schwierigkeiten verfchwinden, welche bei der Auflagerung einfacher Unterzüge und Balken auf gufseiferne und hölzerne Freiftützen entftanden; nur ftöfst auch hier die Anordnung durchlaufender oder überkragender Träger bei manchen Querfchnitten auf Schwierigkeiten, fo z. B. bei den im letzgenannten Bande auf

Fig. 25.



Schnitt αβ.

Schnitt γδ.

S. 191 in Fig. 542, 545 bis 550 u. 552 bis 554 [21]) dargeftellten Querfchnittsformen. Auch wird durch zwei mit den Enden in einen Stützenfchlitz gefteckte Unterzugteile, z. B. a. a. O. bei Fig. 544 (S. 191 [22]), eine fchiefe (exzentrifche) Belaftung der Stütze erzeugt werden können, wenn der eine anfchliefsende Unterzugteil andere Belaftung oder Spannweite hat als der andere. Unausgefüllte, offene und enge Schlitze machen die Unterhaltung der an ihnen liegenden Eifenflächen durch Reinigen und Neuftreichen fo gut wie unmöglich und follten nach den mit ihnen gemachten fchlimmen Erfahrungen grundfätzlich vermieden werden.

Fig. 24 zeigt eine derartige Deckenträgerausbildung [23]), deren Gefamtanlage aus Fig. 10 (S. 9) hervorgeht, wenn man dort den geftrichelten Mittelträger als vorhanden anfieht.

An die ┼förmigen Stützen fchliefst fich entlang der Mitte des Gebäudes ein genieteter Längsunterzug von 45 cm Höhe; an diefem, bezw. an der dritten und vierten Seite der Stützen find dann die

[21]) 2. Aufl.: S. 213 u. 214. Fig. 555, 558 bis 563 u. 565 bis 568.

[22]) 2. Aufl.: Fig. 557, S. 213.

[23]) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

mit den anderen Enden auf die Mauern gelagerten Querbalken in Form von I-Trägern befeftigt; diefe tragen fchliefslich die hölzernen Längsbalken und auf dem unteren Flanfch noch fteinerne Kappen nach Mafsgabe des in den folgenden Kapiteln zu Erläuternden. Auf den Holzbalken liegt gefpundeter Bretterfufsboden. Die Längen der Stützen für die verfchiedenen Gefchoffe find völlig voneinander getrennt; die abgehobelten Kopfenden nehmen ihrem Querfchnitte entfprechend ausgehobelte Blechplatten (Fig. 24) zwifchen fich auf, in deren Nuten volle Berührung durch Einlegen von Kupferftreifen gefichert wird. Das Aufftellen ift durch die Teilung in Stücke von Gefchofshöhe wefentlich erleichtert, da jedes Gefchofs für fich erft vollftändig fertig gemacht werden kann, ehe man die Stützen des folgenden aufftellt; zugleich ift jede beliebige Querfchnittsänderung in den verfchiedenen Gefchoffen ermöglicht.

Fig. 26.

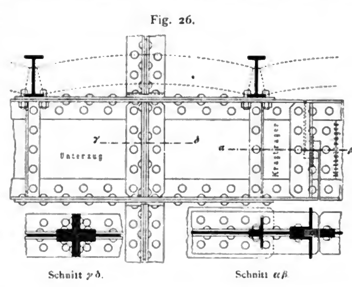
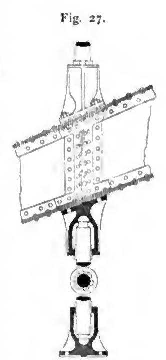


Fig. 25, welche den Grundgedanken der Stützung im Brockthorfpeicher zu Hamburg darftellt, bewahrt die Möglichkeit der ununterbrochenen Durchführung der Unterzüge, indem der verwendete offene Kreuzquerfchnitt Gelegenheit zum Durchftecken der letzteren gibt.

Fig. 25 zeigt eine durch eingefetzte Stützwinkel und darauf ruhende abgerundete Lagerplatte hergeftellte Lagerung der Unterzüge, die ähnlich den Anordnungen in Fig. 17 u. 23 die Laftübertragung in der Achfe genau fichert. Veränderung des Querfchnittes ift durch Einlegen von Verftärkungsplatten möglich; auch können die L-Eifen felbft leicht abgeändert werden, wenn man den ftumpfen Stofs in Fig. 24 mit eingelegter Druckplatte auch hier durchführt. Die Verbindung der vier Querfchnittsteile ift nur durch eingenietete wagrechte Flachbänder hergeftellt, welche bei fchwer belafteten Stützen beffer fo breit gemacht werden, dafs fie drei Niete faffen können. Die zuläffige Teilung diefer Verbindungen folgt mit $\frac{\lambda}{2}$ aus der Gleichung 155 in Teil III, Band 1 (S. 188 [24]) diefes »Handbuches«.

Selbftverftändlich kann man in gleicher Weife und mit gleichem Erfolge auch die Enden in der Stützenmitte durchgefchnittener Unterzüge lagern.

Fig. 27.



Von *Terry's* Theater am *Strand* zu London.
1/20 w. Gr.

Es ift jedoch nicht ausgefchloffen, die Unterzüge, bezw. Balken auch dann in den Lagern auf den Stützen ununterbrochen durchlaufen zu laffen, wenn der Stützenquerfchnitt die für den Träger erforderliche Lücke nicht befitzt.

Das erfte Mittel hierzu bildet die in allen Fällen mögliche Anordnung von Doppelträgern, wie in Fig. 20, welche auf in die Schlitze des Stützenquerfchnittes eingenietete, um die Trägerbreite vorkragende Knotenbleche mit Randwinkeleifen gelagert werden. In diefer Weife find die Stützanordnungen des neuen Hafenfpeichers zu Frankfurt a. M. [25]) angeordnet. Hierbei find die oben zu Fig. 20, 21 u. 22 erläuterten Mafsregeln gegen fchiefen Laftangriff zu treffen.

Ein zweites, in Fig. 26 dargeftelltes Mittel befteht darin,

---

[24]) 2. Aufl., Gleichung 183, S. 201.

[25]) Siehe hierüber: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 112. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 108. — Prakt. Mafch.-Konftr. 1888, S. 1, 49.

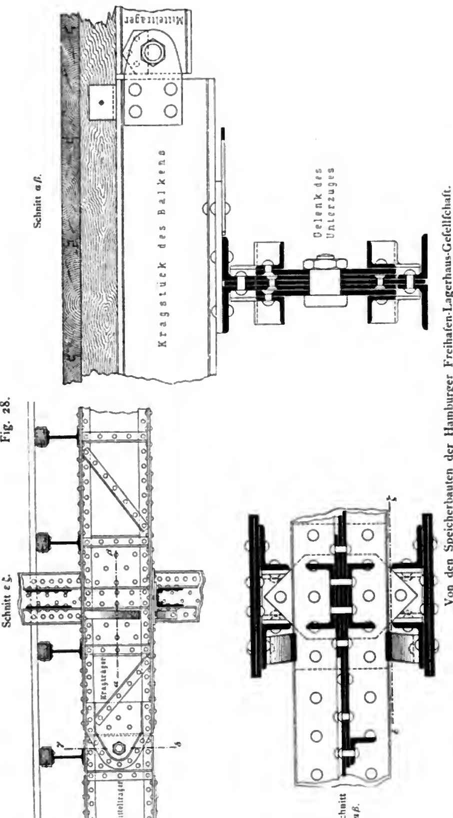


Fig. 28.

Von den Speicherbauten der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Geſellſchaft.

daſs man den entſprechend verſteiſten Unterzugträger als Teil der Stütze ſelbſt in dieſe einſchaltet.

Die ausgehobelten Druckplatten in Fig. 26 ſind hier auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung des Unterzuges genietet, deſſen Wand an der betreffenden Stelle durch dem Stützenquerſchnitte entſprechende L-Eiſen und Platten (Fig. 26, Schnitt γ δ) ausgeſteiſt iſt. Die aus I-Eiſen gebildeten Balken liegen auf dem Unterzuge und ſind mit Hakenſchrauben befeſtigt, welche weder den Balken noch den Unterzug ſchwächen, da ſie in Nietlöcher der oberen Gurtung des letzteren eingefügt werden können. Die in Fig. 26, Schnitt α β gezeichnete Gelenkanordnung wird ſpäter näher erläutert werden. Der Unterzug iſt auch unter jedem Balken für die Laſtaufnahme durch zwei L-Eiſen ausgeſteiſt. Die Balken tragen die eigentliche Decke (hier geſtrichelt angedeutet) in Form einer Auswölbung.

In ähnlicher Weiſe ſind die Kragträger der Ränge in *Terry*'s Theater am *Strand* zu London durch die Stützen durchgeführt [26]). Dieſe eigentümliche, in mehreren Beziehungen beachtenswerte Anordnung iſt in Fig. 27 dargeſtellt.

Zunächſt ſind die Stützen ſelbſt, behufs thunlichſter Erſparung an Raum, mit vollem Kreisquerſchnitte aus Schweiſseiſen gebildet; die Wahl des unvorteilhaften ganz vollen Querſchnittes iſt wohl aus der Schwierigkeit der Herſtellung enger Schweiſseiſenrohre zu erklären [27]). Jeder Stützenteil endigt in einer

26) Siehe: *Engineer*, Bd. 44 (1887), S. 283.

27) Jetzt würden ſich hier *Mannesmann*-Rohre empfehlen.

abgedrehten Halbkugel, welche, in die Halbkugelfchalen der oberen und unteren Gufslager gefetzt, eine gelenkartige Wirkung und genaue Laftübertragung auf die Stütze fichert. Die Wirkfamkeit der Gelenke ift jedoch nur während der Errichtung des Gebäudes ausgenutzt, um durch fie kleine Ungenauigkeiten auszugleichen. Nach Fertigftellung des Bauwerkes wurden zwifchen die Stütze und den Rand der die Stütze topfartig umfaffenden Lagerplatten je 6 Keile eingefetzt, um weitere Bewegungen auszufchliefsen. Die Rangträger durchfchneiden die Stützen behufs Ausbildung der Treppenform der Sitzreihen in geneigter Lage. Die Grundplatten find daher entfprechend fchief an die Lagertöpfe gegoffen und tragen auf der Lagerfläche am Träger eine Kreuzrippe, welche, zwifchen vier auf die Kopf- und Fufsplatten des Trägers genietete Blechabfchnitte greifend, völlige Unverfchieblichkeit ohne Beanfpruchung der Befeftigungsbolzen fichert. Zwifchen je zwei Stützenlagern ift der Träger auch hier durch aufgenietete Platten und L-Eifen wirkfam verfteift.

Eine fehr kräftige Deckenftützung aus den Speicherbauten der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gefellfchaft zeigt Fig. 28.

Der Querfchnitt der Stütze hat die durch Fig. 545 (S. 191 [28]) in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches« angegebene Grundform; nur find die beiden Wände mittels Erfatzes der beiden C-Eifen durch vier L-Eifen geöffnet, um den Unterzug durch die Stütze ftecken zu können. Aus zwei Blechplatten nebft einem ⊓-Eifen und einer Deckplatte ift in der Stütze ein Steg für die Aufnahme des genieteten Unterzuges ausgebildet, welcher eine nahezu ftets genaue Laftübertragung ermöglicht. Der auf diefen Querfteg gelagerte Unterzug ift durch zwei fchräg von der äufseren Stützenwand nach feiner oberen Gurtung anfteigende Flacheifen am Kippen verhindert. Die Stützen laufen von unten bis oben ohne Unterbrechung durch; wo Stöfse durch die Abänderung der Abmeffungen von Querfchnittsteilen erforderlich wurden, find fie verlafcht. Der Unterzug ift an der Auflagerftelle durch zwei Platten und zwei ⊔-Eifen, für die Balkenauflagerung durch lotrechte und fchräge L-Eifen verfteift. Die beiden Stützenhälften find durch in der Teilung $\frac{\lambda}{2}$ (fiehe die in Fufsnote 23 angezogene Gleichung in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches«) eingefetzte Blechverbindungen gegeneinander abgefteift.

Diefe Decken haben die auch in Fig. 9 (S. 9) angedeutete wagrechte Kreuzverfpannung der Stützen und Unterzüge erhalten, von welcher in Fig. 28 (Schnitt $\gamma\,\delta$) der Anfchlufs eines Flacheifens an die obere Gurtung des Unterzuges und zugleich an den mit dem Unterzuge vernieteten Balken fichtbar ift.

Die in Fig. 28 dargeftellten beiden Gelenkanordnungen werden weiter unten befprochen werden.

8. Einftellbare Lagerung.

In einzelnen Fällen, z. B. bei der Stützung durchlaufender (kontinuierlicher) Träger, kann die befonders grofse Genauigkeit der Höhenlage der Stütze gefordert fein. Da es nun fchwierig ift, einen fchweren Stutzkörper ganz genau in die verlangte Höhe zu bringen, fo mufs man in folchen Fallen Vorkehrungen zur nachträglichen Berichtigung treffen, welche unter Zuhilfenahme der Schraube, des Keiles oder auch beider zugleich jederzeit das Nachftellen geftatten. Fig. 29 zeigt eine folche Einrichtung am Fufse einer gufseifernen Freiftütze im Schlefifchen Bahnhofe in Berlin.

Die Grundplatte ift zweiteilig geftaltet, fo dafs der obere, unten fchräg begrenzte Körper zwifchen am unteren Körper befeftigten Führungen auf- und niedergleiten kann. Zwifchen beide fchiebt fich ein mit Schraubengewinde durchlochtes Keilftück ein, welches durch Drehung einer in den Führungsbacken an der Unterplatte feftgelagerten, wagrechten Schraubenfpindel nach beiden Richtungen bewegt, fomit zum Heben und Senken der Stütze benutzt werden kann.

Die Anordnung hat in diefer Geftalt den Mangel fchiefer (exzentrifcher) Laftübertragung der Grundplatte, welche biegend auf die Stütze wirkt.

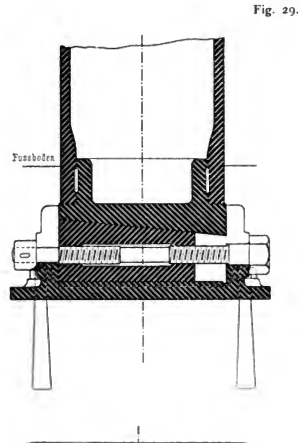
9. Verfteifung der Freiftützen.

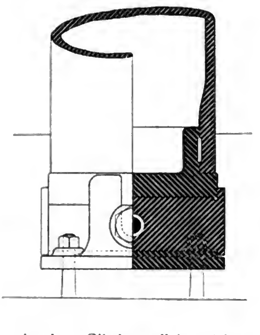
Die Verfteifung der Freiftutzen erfolgt bis zu gewiffem Grade durch die Unterzüge und Balken, welche erft der Länge nach verfchoben werden müffen, ehe die Stutze weichen kann, welche alfo die Stützen gegen einzelne Punkte der Wände

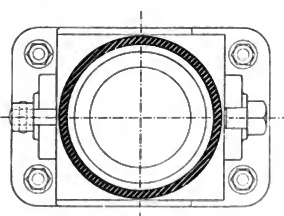
[28]) 2. Aufl.: Fig. 558 (S. 213).

verfpreizen. In den meiften Fällen genügt dies. Ruht aber z. B. ein ftädtifches Haus im Erdgefchoffe aufser auf den möglichft fchwach gehaltenen und zum Teile in dünne, fchwer belaftete Pfeiler aufgelöften Umfaffungswänden lediglich auf Freiftützen, fo erfcheint es erwünfcht, die Balkenlage mit ihren Unterzügen fchon während der Errichtung des Gebäudes zu einer unverfchieblichen Tafel zu geftalten, in welcher

Fig. 29.







Vom Schlefifchen Bahnhof zu Berlin.

$^{1}/_{12,5}$ w. Gr.

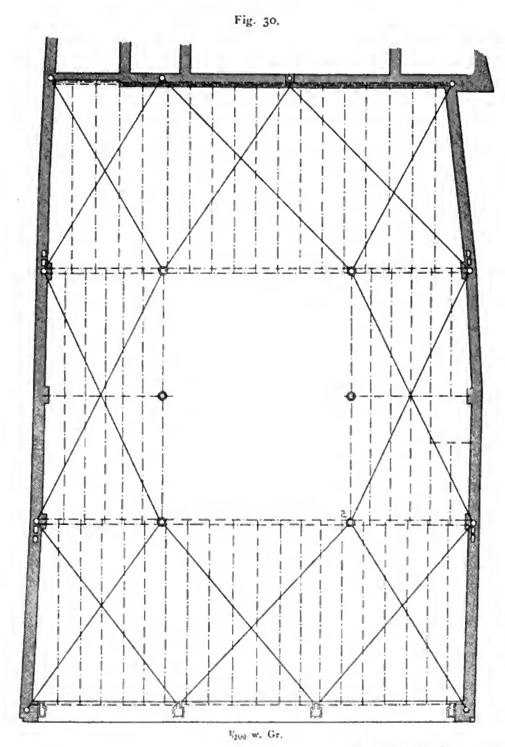
einzelne Glieder allein nicht verfchoben werden können, damit wenigftens die volle Ausdehnung der Wände zur Verfteifung der Stützenköpfe ausgenutzt wird. Dies ift zu erreichen, indem man Bandkreuze aus Flacheifen, von den Stützen ausgehend, unter oder über den Balken, bezw. Unterzügen befeftigt, durch welche in wagrechtem Sinne Dreiecksverband entfteht. Diefe in der Deckenausbildung leicht zu verfteckenden Bänder find ihrer Lage nach in Fig. 9 (S. 9) geftrichelt angedeutet, und ein Beifpiel des Anfchluffes eines derartigen Bandes an einen Balken und Unterzug zugleich zeigt Fig. 28.

Ein derartiger wagrechter Verband erweift fich namentlich in allen Gefchoffen der grofsen Verkaufs-Gefchäftshäufer der Neuzeit als dringend empfehlenswert, welche gar keine Innenwände mehr befitzen, vielmehr vom Fufsboden des Erdgefchoffes bis unter das Dach einen einzigen Raum bilden, der in der Mitte völlig offen bleibt und nur an den vier Seiten durch Umgänge bildende Decken wagrecht geteilt ift. In folchen Bauten ift das wagrechte Abfangen der Freiftützen gegen die Umfaffungs-

wände fchon beim Auffstellen kaum entbehrlich, weil die Stützen fonft bei der bedeutenden Höhe fchwer genau in das Lot zu bringen find.

Ein ausgeführtes Beifpiel diefer Art vom Gefchäftshaufe *Löbenftein & Freudenthal* in Hildesheim (Arch.: *Braul*) zeigen Fig. 30 bis 33.

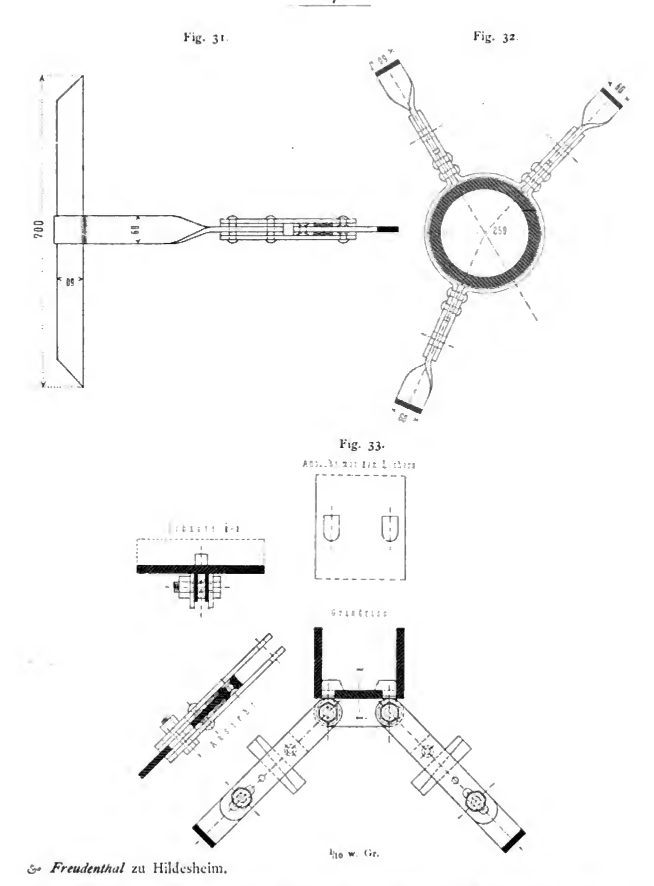
Fig. 30.



1/200 w. Gr.

Vom Gefchäftshaufe *Löbenftein*

Der Grundrifs (Fig. 30) zeigt in diefem Falle nur drei Wände; die Vorderwand enthält nur zwei gufseiferne Kaftenftützen, welche Unterzüge für die Balkenlagen aufnehmen, fonft aber bis zum Dachgiebel, den fie tragen, ganz frei aufragen. Hier kam es alfo darauf an, auch diefe Stützen noch feftzulegen. Jedes Gefchofs ift in der dargeftellten Weife mit einem rings um den mittleren, offenen Raum laufenden Netzwerkringe ausgeftattet, in welchem die Unterzüge und Balken die Steifen bilden, indem fie durch vor die



$^1/_{10}$ w. Gr.

& *Freudenthal* zu Hildesheim.

Säulen geschlagene Splinte und gegenseitige Verbolzung unverschieblich gegeneinander und gegen die Säulen gemacht sind. Vor endgiltigem Festlegen sind die Stützen durch Anziehen der aus Bandeisen von $1 \times 6^{\text{cm}}$ Querschnitt gebildeten, unmittelbar auf den Balken liegenden Diagonalbänder ausgerichtet; dazu sind diese Bänder mit Keilvorrichtungen ausgestattet.

Fig. 31 zeigt die Verbindung der Diagonalbänder mit den gemauerten Aufsenwänden. Ein lot-

rechter Mauerfplint wird von einer Oefe gefafst, deren Eifen vor der Wand um 90 Grad verdreht ift. Unter Einfügen zweier Füllftücke find dann zwei Bandeifen auf das Oefeneifen genietet, fo dafs eine Gabel entfteht. Jede Gabelplatte ift am Aufsenende durch ein innen aufgenietetes Bandftück verftärkt; durch zwei folche Bandftücke ift auch das Diagonalbandeifen an feinem Ende verftärkt, fo dafs beim Einlegen des Diagonalbandes in die Gabel zwei rechteckige Oeffnungen zum Einfchlagen zweier aus Blechabfällen gefchnittener Pafskeile entftehen, mittels deren man das ganze Netz nach Herftellung der Verbindungen der Unterzüge und Balken mit den Stützen in ftraffe Spannung bringen kann.

In Fig. 32 ift der Anfchlufs des Netzes an die runden Mittelfäulen dargeftellt. Da fich Keilvorrichtungen an den anderen Enden der Diagonalbänder befinden, fo ift hier nur eine in ihrer Form der Zahl der anzufchliefsenden Diagonalbänder entfprechende Bandfchelle um die Säule genietet, deren Lappen die verdrehten Enden der Diagonalbänder zwifchen fich aufnehmen, nachdem fie dicht an der Säule miteinander vernietet oder verbolzt find.

Fig. 33 zeigt die Einzelheiten der Verbindung zweier Diagonalen mit den Gufspfeilern der Vorderfeite, in der, wie in den Wandanfchlüffen, das Anbringen von Keilen nötig war. Zwei Augenhaken werden in zwei Gufslöcher mit den Haken lotrecht eingefteckt und um 90 Grad verdreht; hierauf werden zwei Flachbänder auf und unter die beiden Augen (Schnitt *ii*) und auf und unter diefe an jedem Augenhaken die beiden Anfchlufsbleche der Diagonalen gelegt; alle diefe Teile werden durch zwei eingefteckte Bolzen verbunden. An die Anfchlufsbänder find innen wieder Bandftücke innen verfenkt angenietet, um eine Hakengabel zu bilden; die Anfchlufsbänder find dann aber noch weiter verlängert und hier mit Schlitzlöchern verfehen, um fie fchliefslich mit dem Schrägbande fo verbolzen zu können, dafs Längenverfchiebungen beim Anziehen der Keile möglich find, aber kein Auseinandertreiben der Anfchlufsbleche durch die Keile eintreten kann. In den Wandanfchlüffen find diefe länglichen Bolzenlöcher nicht vorgefehen, weil hier das Auseinanderkeilen der Anfchlufsbleche wegen ihrer Vernietung mit den Oefenblechen auf gröfsere Länge überhaupt nicht zu fürchten ift.

Die Verdickung der Enden der Diagonalbänder durch verfenkt aufgenietete Bandftücke und das Einfetzen von je zwei doppelten Spannkeilen an jedem Schrägenende findet hier genau fo ftatt, wie in den Anfchlüffen an die Mauern.

Die gewählte Anordnung erfüllt noch die Bedingung, dafs fie wenig Höhe wegnimmt, was erforderlich war, weil alle Teile in dem die Balken nur wenig überdeckenden Beton unter dem Linoleumbelage der Decken verfchwinden follten.

Durch die dargeftellte Anordnung entfteht ein völlig fteifes Gefüge in jedem Gefchofs auch fchon vor dem Einbringen des Betons in die Balkenfache, wodurch das Aufftellen wefentlich erleichtert und die Steifigkeit des Gebäudes erhöht wird.

c) Auflagerung der Balken auf Unterzüge, bezw. der Unterzüge auf einen Mittelträger.

10. Durchlaufende Träger.

In der Regel ift genügende Höhe vorhanden, um die Balken über den Unterzug hinftreichen laffen zu können. In diefem Falle können die Balken als durchlaufende (kontinuierliche) Träger angeordnet, und bei ihrer Bemeffung kann die Erfparnis ausgenutzt werden, welche die für den durchlaufenden Träger dem Träger auf zwei Stützen gegenüber geringeren Biegungsmomente geftatten. Das Feftlegen diefer Momente müfste mit Rückficht auf die Durchbiegung des Unterzuges erfolgen, ein Verfahren, welches zugleich mühfam und unficher ift. Denn da die Höhenlage des Unterzuges wefentlich auch von den nicht zu vermeidenden Sackungen abhängt, fo geben die Durchbiegungen allein nicht die richtige Höhenlage der einzelnen Punkte des Unterzuges an. Da nun das gröfste Biegungsmoment des Trägers auf zwei Stutzen, wenn nicht aufsergewöhnliche Verfackungen eintreten, ftets gröfser ift, als dasjenige des durchlaufenden Trägers von gleicher Oeffnungsweite, fo wird man für alle gewöhnlichen Fälle etwas zu ficher verfahren, wenn man die Balken mit gleich bleibendem Querfchnitte als Träger auf zwei Stützen fur ihre gröfste freie Weite berechnet.

Dann empfiehlt es fich aber, diefe Eigenfchaft nicht blofs der Berechnung zu Grunde zu legen, fondern fie den Balken auch wirklich zu geben, indem man letztere

über dem Unterzuge fo weit durchfchneidet, wie dies mit Rückficht auf die Verankerung der Wände oder auf die Uebertragung von Längskräften, z. B. in Dachbinderbalken, zuläffig erfcheint. Denn da die durchlaufenden Träger die gröfsten Laften auf ihren Mittelftützen fammeln — für den Träger auf drei Stützen ift z. B. bei der gleichförmigen Belaftung q auf die Längeneinheit und der Stutzweite l der Druck auf die Mittelftütze $= \frac{5}{4} q l$, für zwei zufammen gelagerte Träger auf zwei Stützen nur $= q l$ —, fo bringt man die Laften mittels durchlaufender Anordnung der Balken in höchft unerwünfchter Weife vorwiegend auf die Unterzüge, deren Querfchnitt ohnehin meift fchon unbequem ftark wird; man entlaftet dagegen die die Balkenenden tragenden Aufsenmauern, die bezüglich ihrer Tragfähigkeit felten ganz ausgenutzt find. Sind die Balken aus Eifen, fo lege man in jeden einen Stofs über den Unterzug und verbinde die Enden, wenn es nötig ift, in der Mitte der Steghöhe durch doppelte Flacheifenftreifen auf Zug.

11. Befeftigen durchlaufender Balken auf Unterzügen.

Beim Befeftigen durchlaufender Balken auf den Unterzügen ift zu beachten, dafs in der Auflagerung keine Schwächung durch Bolzen oder Nietlöcher in den Flanfchen eiferner oder durch erhebliche Ausfchnitte in hölzernen Balken eintreten darf, weil in der Auflagerung eines der gröfsten Biegungsmomente wirkt, man alfo den Trägerquerfchnitt um die Schwächung verftärken müfste. Mittel zur Vermeidung diefer Schwächung find die folgenden.

1) Ift der Unterzug mit Nieten in der oberen Gurtung zufammengefetzt, fo kann man in die Nietreihen zwei oder vier Hakenbolzen nach Fig. 20 u. 26 einfetzen, welche dann aber die Längsverfchiebung der Balken nur durch Einklemmen verhindern.

2) Eine fefte Vernietung wird durch die in Fig. 28 dargeftellte Anordnung ermöglicht. Hier ift zwifchen Balken und Unterzug eine Platte eingelegt, welche, mit dem zufammengefetzten Unterzuge feft vernietet, feitlich fich fo weit unter den Balken erftreckt, bis fie eine Stelle erreicht, wo das Biegungsmoment klein genug ift, um die Schwächung des Balkenflanfches durch Nietlöcher zuläffig erfcheinen zu laffen.

3) Verträgt der Unterzug felbft auch keine Schwächung, fo kann man diefe Balkenanfchlufsplatte umbiegen und an den Steg des Unterzuges nieten, oder

4) man niete nach Fig. 19 an den Steg des Unterzuges, wie des Balkens je eine umgebogene Platte, welche mit Ausklinkungen ineinander greifen; letztere Anordnung verhindert jedoch ein Abheben des Balkens nach oben nicht.

In fehr vielen Fällen genügt es, die Balken lofe auf die Unterzüge zu lagern, namentlich wenn die übrige Ausbildung der Decke Verfchiebungen der Balken unmöglich macht, wie z. B. in Fig. 23.

12. Kraggelenkträger.

Man kann die Erfparnis des durchlaufenden Balkens mit Sicherheit voll ausnutzen, wenn man ihn als Kraggelenkträger (kontinuierlichen Gelenkträger) ausbildet, da die Momente des letzteren von der Höhenlage der Unterftützungen unabhängig find. Aber auch diefe Konftruktionsweife vergröfsert die Belaftung der Mittelftützen, d. h. der Unterzüge, beträchtlich, und es bleibt daher in jedem Falle zu unterfuchen, ob nicht die Erfparnis an den Kraggelenkbalken durch die notwendige Verftärkung der Unterzüge mehr als ausgeglichen wird.

Bei den Unterzügen fallen diefe Bedenken weg, da eine ziemlich bedeutende Mehrbelaftung, namentlich an fich fchon fchwerer eiferner Stützen, keine wefentlichen

Mehrkoſten verurſacht. Für Unterzüge und dieſe unterſtützende Mittelträger iſt daher dieſe neuerdings mehr und mehr verwendete Konſtruktion wegen der damit verbundenen bedeutenden Erleichterung ſehr zu empfehlen. Deshalb iſt ſchon bei Beſprechung der Beiſpiele für Stützungen von Unterzügen auf dieſen Punkt ſtets beſonders hingewieſen, und auch in Kap. 8 wird bei Ermittelung der Stärke der Deckenteile und Unterſtützungen noch näher hierauf eingegangen werden.

13. Konſtruktion der Gelenke.

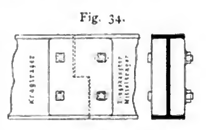
Anordnungen der Gelenke ſolcher Kraggelenkträger, welche nur die Uebertragung von lotrechten Querkräften, nicht von Biegungsmomenten geſtatten, ſind in Fig. 26, 28, 34 u. 35 dargeſtellt.

In Fig. 26 (S. 22) iſt die Blechwand des durchlaufenden Unterzuges falzartig ausgeklinkt und zugleich durch zwei ebenſo geformte Bleche verſtärkt. Im Falze iſt auf dieſe Weiſe eine Lagerfläche von drei Blechdicken gebildet, welche unten einen gewölbten, oben einen ebenen Lagerkörper trägt, ſo daſs ein vollſtändiges Berührungskipplager entſteht. Die beiden Lagerkörper ſind durch einen eingeſetzten Stahldollen, ſowie durch zwei auf die Verſtärkungsbleche genietete **L**-Eiſen nach allen Richtungen unverſchieblich gemacht. Sollte der eingehängte Mittelträger ſehr lang und ſtarken Wärmeänderungen ausgeſetzt ſein, ſo muſs man die Dollenlöcher an einem Ende etwas länglich machen, damit die erforderliche Beweglichkeit für Wärmeausdehnungen geſichert bleibt. Die Dollen ſind jedoch weniger weſentlich als die ſeitlichen **L**-Eiſen, und können wegbleiben.

In Fig. 28 (S. 23) iſt ein Gelenk für einen **I**-Balken gezeichnet. An das überkragende Ende des Balkens ſind zwei Laſchen genietet, zwiſchen deren vorkragende Spitzen ſich die durch ein aufgenietetes Blech entſprechend verſtärkte Wand des Mittelträgers ſchiebt. Durch die Laſchen und den verſtärkten Mittelträger iſt dann der Gelenkbolzen gezogen, welcher nach den in Teil III, Band 1 (Art. 226 bis 229, S. 155 u. ff. [23]) dieſes »Handbuches« für Bolzenanſchlüſſe gegebenen Regeln zu bemeſſen iſt.

Für unverſtärkte Blechwände wird der Bolzendurchmeſſer bei Bolzengelenken übermäſsig ſtark. Beim Unterzuggelenke in Fig. 28 iſt daher die Wand des Kragträgers, wie des Mittelträgers, zunächſt durch je zwei — ſoweit nötig mit verſenkten Nieten — aufgenietete Bleche verſtärkt; dann ſind wieder zwei ſtarke Laſchen an den Kragträger genietet, welche den Mittelträger umfaſſen und den Gelenkbolzen aufnehmen. Auſserdem ſind die Gelenklaſchen mit **L**-Eiſen geſäumt, und auch im übrigen iſt die Gelenkſtelle mit **L**-Eiſen thunlichſt verſteiſt.

Fig. 34.

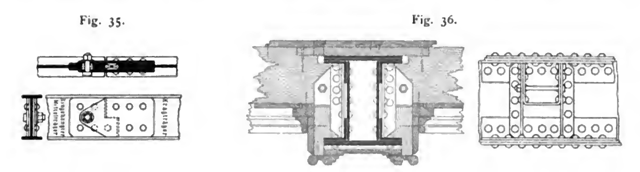


Häufig wird die Nietarbeit an Walzträgern geſcheut, da ſie die Träger verteuert. Ein Falzgelenk für Walzträger ohne Nietarbeit mit weſentlich verſtärkten Gelenklagerflächen zeigt Fig. 34, wo zur Unterſtützung der unverſtärkten Falzfläche im Trägerflanſch zwei genau eingepaſste Guſsklötze zwiſchen die Flanſche geſetzt und nötigenfalls beweglich — mit länglichen Löchern — eingebolzt ſind. Denjenigen Teil des Auflagerdruckes des Mittelträgers, welchen die kleine Falzfläche nicht übertragen kann, übertragen die beiden Guſsklötze von der oberen Gurtung des Mittelträgers nach der unteren Gurtung des Kragträgers, zugleich ſeitliche Verſchiebungen der Träger gegeneinander verhindernd. Scheut man das etwas mühſame falzartige Abſchneiden der Trägerenden, ſo kann man die Träger auch glatt

[23]) 2. Aufl.: Art. 228 bis 231, S. 163 u. ff.

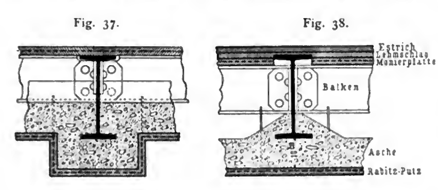
und ſtumpf voreinander ſtoſsen und ſich bezüglich der Auflagerung des Mittelträgers allein auf die eingebolzten Guſsklötze verlaſſen, welche dann ähnlich wirken wie Schienenlaſchen. Sie müſſen deshalb genau in den Zwiſchenraum zwiſchen die Flanſche des Kragträgers paſſen und mittels Bolzen feſt in dieſen eingeklemmt werden, ſo daſs ſie ſich unter der Laſt des eingehängten Tragers nicht verdrehen können. Dieſe Einſpannung der Lagerklötze in das Ende des Krag-

Fig. 35. Fig. 36.



trägers muſs um ſo kräftiger, d. h. länger ſein, je länger der Angriffshebel des eingehängten Trägers wird; die Klötze ſollen letzteren daher nur mit der zur Aufnahme des Auflagerdruckes wirklich nötigen Länge unter den Oberflanſchen tragen, ſo daſs der eingehängte Träger ſich auf den Klötzen frei verbiegen kann. Letztere werden daher am beſten von ihrem oberen Ende im eingehängten Träger her nach den Enden der Unterflanſche des Kragträgers weg geſchrägt. Das Einſpannen auch in den eingehängten Träger iſt nicht zu empfehlen, da dies der beabſichtigten Aufhebung jeder Momentenübertragung im Gelenkpunkte widerſpricht.

Fig. 37. Fig. 38.



Bei einem ſolchen Gelenke, bei dem alle Nietarbeit wegfällt und beide Trägerenden glatt abgeſchnitten werden, liegt der theoretiſche Gelenkpunkt in der Mitte der Länge, mit der die Laſchenklötze unter die Oberflanſche des Mittelträgers greifen.

Die hierbei in den Laſchenklötzen entſtehenden Biegungsmomente dürfen höchſtens 250 kg für 1 qcm Zugſpannung im Guſseiſen erzeugen; auch deshalb iſt die Lagerlänge des eingehängten Trägers auf das äuſserſte zu beſchränken.

Fig. 35 zeigt ſchlieſslich ein durch aufgenietete Bleche verſtärktes Falzlager für Walzträger ohne die ſtählernen Einſätze in Fig. 26. Die äuſseren Laſchen mit dem Bolzen haben hier nur den Zweck, Seitenverſchiebungen zu verhindern; der Bolzen kann alſo ſchwach ſein. Er iſt in ein längliches Loch des Mittelträgers geſetzt, damit dieſer für Wärmeänderungen beweglich bleibt. Die Befeſtigungsniete der Verſtärkungsplatten an der Wand müſſen wegen der beiden äuſseren Laſchen zum Teile verſenkt werden.

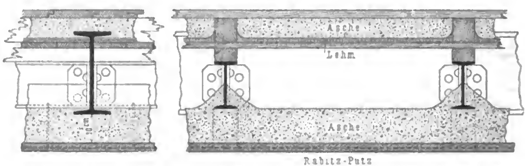
Wird verlangt, daſs die Unterzüge ganz oder teilweiſe in der Decke ſelbſt verſchwinden ſollen, ſo kann man die Balken nicht mehr über jene ſtrecken, ſondern

14. Verſenkte Unterzüge.

mufs fie an jeder Seite des Unterzugträgers abfchneiden und befeftigen. Eine Anordnung, bei welcher ein ftarker kaftenförmiger Unterzug faft ganz in der Balkenhöhe verfchwindet, fo dafs unten nur ein niedriges Band vorfpringt, zeigt Fig. 36.

Mittels Winkeleifen find hier dem Querfchnitte der Balken entfprechende Blechlager am Unterzuge befeftigt; die Balken find von oben her fo ausgefchnitten, dafs, wenn ihre Enden unter die obere Gurtung


Fig. 39.



des Unterzuges gefteckt werden, die Oberkante über letzteren hervorragt; ein die beiden Balkenenden verbindendes Bohlenftück geftattet dann die Befeftigung der Holzteile des Fufsbodens auch über dem Unterzuge[30]). Unten ift der Unterzug durch Leiften und Bretter verkleidet, welche zugleich die Deckenbretter tragen, ein Beifpiel der fpäter zu befprechenden Holzdecke.

Auch Fig. 24, 37, 38 u. 39 zeigen Beifpiele von ganz oder teilweife innerhalb der Deckendicke untergebrachten Unterzügen für eiferne Balkenlagen.

2. Kapitel.

Balkendecken in Holz.

15. Beftandteile. Die Decke in Holz befteht aus folgenden zwei Hauptkonftruktionsteilen:

1) aus den tragenden Balken oder Tramen (Trämen), welche man unter der Bezeichnung Balkenlage zufammenzufaffen pflegt, und

2) aus der Ausfüllung der Balkenfache, welche die Decke gegen das Durchdringen des Schalles und der Wärme dicht zu machen hat, auch Fehlboden oder Zwifchendecke genannt.

Hierzu kommt noch in der Regel:

3) die Decke des unterliegenden Raumes im engeren Sinne, welche den unteren Abfchlufs der ganzen Deckenkonftruktion bildet.

Ebenfo ift meiftens

4) ein Fufsboden vorhanden, welcher auf den Balken ruht, dem Verkehre im oberen Raume dient und den Abfchlufs des letzteren nach unten bildet.

Im nachfolgenden wird hauptfächlich von den beiden zuerft genannten Konftruktionsteilen die Rede fein. Die Decke im engeren Sinne wird infoweit vorgeführt werden, als fie des unmittelbaren Zufammenhanges wegen hierher gehört; doch wird in Teil III, Band 3, Heft 3 diefes »Handbuches« von diefem Gegenftande

[30]) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9, S. 2099

noch eingehend gehandelt werden. Der Fufsboden, welcher häufig die Balkenlage nach oben hin abfchliefst und in der Regel die Aufgabe hat, die Verkehrslaft auf die Balkenlage, bezw. die Lagerhölzer zu übertragen, gehört nicht in den Rahmen diefer Betrachtung, wie fchon in Fufsnote 1 (S. 1) bemerkt wurde; über denfelben ift das Erforderliche im eben genannten Hefte diefes »Handbuches« zu finden; jedoch mufs er auch hier in die Befprechung einbezogen werden, foweit er Einflufs auf die Durchbildung der übrigen Teile hat.

a) Balkenlage.

Die Balkenlagen werden unterfchieden nach ihrer Höhenlage in: 16. Verfchiedenheit.

1) Balkenlage des Erdgefchoffes;

2) Balkenlagen der Obergefchoffe, wobei die das Gefchofs unten begrenzende Balkenlage diefem zugezählt wird;

3) Dachbalkenlage, und

4) Kehlgebälke im Dachftuhle.

Balkenlagen des Erdgefchoffes finden fich nur über fog. Balkenkellern als Erfatz der Kellerwölbung in billig hergeftellten Gebäuden, find jedoch wegen geringerer Dichtigkeit und Haltbarkeit mit der Ueberwölbung nicht gleichwertig. Balkenlagen werden an diefer Stelle namentlich dann verwendet, wenn eine eigentliche Unterkellerung fehlt. Es ift dann der Lüftung und Trockenhaltung des Erdgefchoffes wegen nötig, letzterem eine Balkenlage zu geben, unter welcher der natürliche Erdboden auf eine Tiefe von mindeftens 80 cm befeitigt werden mufs, fo dafs fie einer Kellerbalkenlage ganz gleich wird.

Die Balkenlagen der Obergefchoffe, auch Zwifchen- oder Etagengebälke genannt, ruhen auf den Wänden und dienen zugleich zur Verankerung derfelben gegeneinander.

Die Dachbalkenlage nimmt die Gefpärre des Dachftuhles auf, enthält daher in der Regel einen Balken unter jedem Dachbinder, welcher dann durch Zugbeanfpruchung zugleich die aus dem Dachftuhle etwa entftehenden Schübe aufzunehmen hat.

Kehlgebälke werden von den Kehlbalken hoher Kehlbalkendächer gebildet und teilen den Dachraum in mehrere Höhenabteilungen. Diefe Gebälke haben jedoch meift nur für das Abbinden der Dachbinder Bedeutung; zur Aufnahme von Verkehr wurden fie häufig in den hohen mittelalterlichen Dächern benutzt, in denen der Dachraum zur Anlage von Speicherräumen diente; heute werden fie feltener zu vollen Balkenlagen ausgebildet, meift nur dann, wenn im Dachgefchofs Wohnräume gefchaffen werden follen.

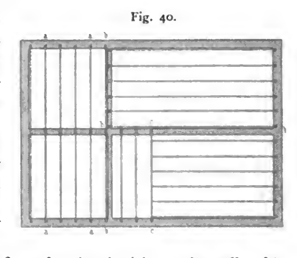
Eine regelmäfsig angelegte Balkenlage foll das Gebäude in feiner kürzeren Abmeffung mittels durchgehender Balken vollftändig durchfetzen; bei Gebäuden mit langer Front, daher geringer Tiefe, werden die Balken hiernach in der Regel winkelrecht, bei fchmalen, tiefen Gebäuden parallel zur Front liegen. 17. Regelmäfsige und verfchoffene Gebälke.

Läfst man die Balken in verfchiedenen Teilen eines Gebäudes nach verfchiedenen Richtungen ftreichen, fo entftehen verfchoffene Gebälke, welche mangelhaft find, infofern fie die durchgehende Verankerung aufgeben und im Zufammenfchnitt der verfchiedenen Gebälketeile, infolge der Einzapfung einer Mehrzahl

von Balken der einen Gruppe in den äufserften Balken der benachbarten, fchwache Stellen haben.

Fig. 40 gibt ein in einfachen Linien angedeutetes Beifpiel eines folchen verfchoffenen Gebälkes, in welchem nur die Balken *a a* richtig angeordnet wurden. Die verfchoffenen Balken laufen gegen einen der durchgehenden Balken, in welchen fie mittels Bruftzapfen eingelagert werden. Diefe Bruftzapfen fchwächen nun aber den Balken erheblich. Wenn daher eine verfchoffene Anlage nicht zu vermeiden ift, fo foll man wenigftens dafür forgen, dafs die verfchoffenen Balken dicht vor ihrer Einlagerung in den durchgehenden, wie bei *b b*, durch eine Mittelwand geftützt werden. Balken, wie *c c*, würden, ganz abgefehen von der Schwächung durch die Zapfen, unter Verwendung gewöhnlicher Holzftärken der vom verfchoffenen Gebälke auf *c c* übertragenen Laft entfprechend nicht zu bemeffen fein.

Fig. 40.



Derartige verfchoffene Gebälke werden jedoch dann zur Notwendigkeit, wenn das Gebäude aus mehreren unter einem Winkel zufammenftofsenden Flügeln befteht. In diefem Falle ift die ganze Balkenlage als aus mehreren einzelnen zufammengefetzt anzufehen, deren jede über einem der Gebäudeflügel regelrecht entwickelt ift. Alsdann ift nur darauf zu achten, dafs in den Zufammenfchnitten der einzelnen Gruppen keine zu grofsen Schwächungen oder Belaftungen einzelner Balken entftehen.

In der in Fig. 41 dargeftellten Balkenlage eines beliebigen fchiefwinkeligen Grundriffes find 5 Gruppen zu unterfcheiden.

Von diefen ift zunächft *A* vollftändig unabhängig von den übrigen; es werden nur zur befferen Verbindung der Gebäudeteile die der Tiefe von *A* entfprechenden Balken in den letzten der Gruppe *B* eingezapft und geklammert, was unbedenklich ift, da alle Balken vor der Einzapfung auf einer Mauer ruhen. Die Regelmäfsigkeit von *B* wird nur dadurch unterbrochen, dafs die letzten Balken durch das Treppenhaus und durch den fchrägen Anfchnitt an die Balken von *C* verkürzt werden. Die Balken von *C* ftofsen an beiden Seiten auf die letzten Balken von *B* und *D* und werden dicht hinter ihrem Wandauflager verzapft; die mittleren Balken von *C* greifen gleichfalls nicht durch, fondern werden durch das Treppenloch verkürzt. Die Vereinigung von *C* mit *D* ift diefelbe, wie die von *C* mit *B*. Schliefslich entwickelt fich am anderen Ende des Flügels *D* noch eine Gruppe *E* aus dem Wunfche, den Abfchlufs aus Balken herzuftellen, welche entlang der fchrägen Giebelwand liegen. Wollte man aber alle in Frage kommenden Balken von *D* in einen an die Giebelwand gelegten Balken einzapfen, fo würde diefer zu fchwer belaftet werden. Daher find mehrere Balken parallel zum Giebel angeordnet, und die Balken der beiden Gruppen *D* und *E* find nun wechfelweife ineinander gelagert, fo dafs jeder Balken nur einen anderen aufzunehmen hat.

18. Aufgaben der verfchiedenen Balken

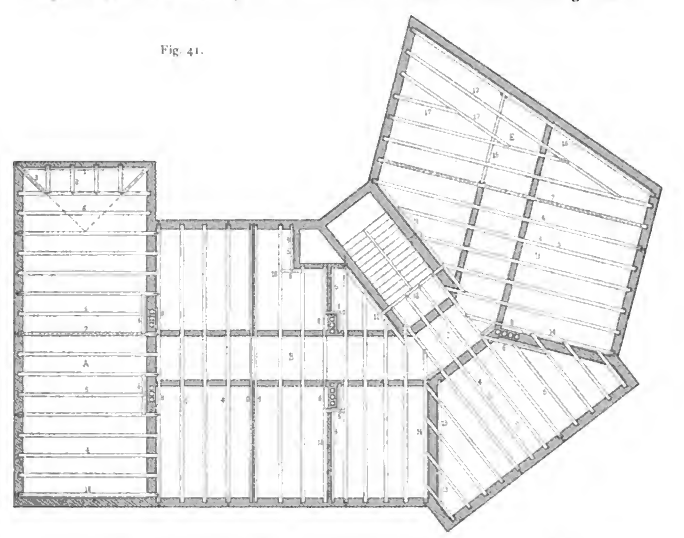
Die einzelnen Balken einer Balkenlage (Fig. 41) haben fehr verfchiedene Aufgaben zu erfüllen; danach werden die folgenden Arten derfelben unterfchieden.

1) Ganze Balken (*A* in Fig. 41) gehen durch die ganze Tiefe des Gebäudes durch, haben daher mindeftens an jedem Ende ein maffives Auflager. Werden fie fehr lang, länger als etwa 15 m, fo werden fie auf einer Mittelwand mittels gewöhnlichen oder franzöfifchen Hakenblattes geftofsen.

Diefe Balken find die ftärkft bemeffenen und werden vorwiegend zur Verankerung der Aufsenwände benutzt. Da diefe Balken aus langen Stämmen gewonnen werden müffen, man von diefen jedoch nicht mehr wegfchneidet, als zur

Erlangung vollkantigen Holzes erforderlich ift, fo werden die Balken am einen Ende häufig einen gröfseren Querfchnitt haben als am anderen. Sie werden dann fo gelagert, dafs die Unterkante genau wagrecht liegt, erhalten alfo eine geneigte Lage der Oberkante. Soll auch ein Fufsboden hergeftellt werden, fo ift für feine Lagerung gleichfalls eine wagrechte Oberkante erforderlich; in diefem Falle gibt man

Fig. 41.



folchen Balken einen keilförmigen Auffchiebling in Geftalt einer etwa 5 cm breiten Latte, welche überall die durch die gröfste Balkenftarke feftgelegte Höhe herftellt. (Fig. 42.)

2) Stichbalken und Gratftichbalken (*2* u. *3* in Fig. 41) kommen zur Verwendung, wenn man Balkenköpfe an denjenigen Begrenzungsmauern erforderlich hält, mit denen die Balken parallel liegen. Jeder Stichbalken (*2*) ruht mit einem Ende auf der Mauer, mit dem anderen mittels Bruftzapfens oder, wenn ein wagrechter Zug auf die Verbindung wirkt, mittels fchwalbenfchwanzförmigen Blattes mit Brüftung auf dem erften ganzen Balken; der Gratftichbalken (*3*) wird gewöhnlich auf eine Mauerecke und den erften Balken gelagert.

Diefe Art von Balken, welche felten über den erften Balken hinausreichen, werden vorwiegend in zwei Fällen verwendet, nämlich:

α) bei Fachwerken auf den Giebelfeiten aller Balkenlagen, wenn hier Rahmholz des unteren Gefchoffes und Schwelle des oberen getrennt ausgebildet werden follen; alsdann kommt der Gratftichbalken in die Achfe des Eckftieles zu liegen;

β) in Dachbalkenlagen bei Anordnung von Walmdächern, um die Gratſparren und die Schiftſparren des Walmes in die Balkenköpfe verſatzen zu können; alsdann liegt der Gratſtichbalken in der Richtung des Walmgrates.

Die Stichbalken erhalten auf einer maſſiven Mauer in der Regel eine Wand- oder Mauerlatte (*1* in Fig. 41[31]).

3) Balkenwechſel, Wechſel-, Trumpf- oder Schlüſſelbalken (*6*, *12*, *13* in Fig. 41) ruhen an beiden Enden mit Bruſtzapfen oder ſchwalbenſchwanzförmigem Blatte mit Brüſtung auf anderen Balken.

Sie werden verwendet, wo ein Balken auf ein Hindernis trifft, das ſeine Durchführung unmöglich macht. Der Wechſel überträgt den Stützendruck des ausgewechſelten Balkens, auch Stichbalken genannt (*5* in Fig. 41), auf die beiden Nachbarbalken. Da dieſe im allgemeinen aber ſchon ihrem Querſchnitte entſprechend belaſtet ſind, ſo dürfen ſie unverſtärkt eine Auswechſelung nur in der Nähe eines Wandauflagers tragen. Auswechſelungen, wie bei *18* in Gruppe *B* bedingen daher meiſt eine Verſtärkung des ſtutzenden Balkens, wenn letzterer nicht zufällig eine geringe Weite überſpannt.

Fig. 42.



Das gewöhnlichſte Hindernis, welches Auswechſelungen bedingt, bilden die Feuerungsanlagen; die Holzteile dürfen an dieſe nicht unmittelbar herantreten. Die Beſtimmungen hierüber lauten verſchieden, z. B.: alle Holzteile ſollen 20 cm von der Innenfläche der Rauchrohre, oder 7 cm von der Außenkante der ½ Stein ſtarken Rohrwangen entfernt bleiben. In manchen Fällen kann man dieſer Vorſchrift durch Ausklinken der Balken (*8* in Fig. 41) genügen; meiſt muſs jedoch der auf die Rauchrohre ſtoſsende Balken (*5*) ganz ausgewechſelt werden.

Auch das Treppenhaus bietet regelmäſsig Anlaſs zur Auswechſelung der auf dasſelbe ſtoſsenden Balken mittels des Treppenwechſels (*12*). Dieſer bildet die Flurkante am Treppenhauſe, hat meiſt eine gröſsere Zahl von ausgewechſelten Balken aufzunehmen und muſs daher als ſtarker Unterzug ausgebildet werden, wenn die Balken nicht, wie meiſt der Fall iſt, in der Nähe der Auswechſelung auf eine Mauer des Treppenhauſes gelagert ſind.

4) Gratbalken nennt man die ein Gebälke ſchräg durchſetzenden Balken, gegen welche die übrigen ſchief anlaufen (*14* in Fig. 41). In den Dachbalkenlagen entſprechen ſolche Gratbalken gewöhnlich den Grat- und Kehlſparren.

5) Wandbalken bilden den oberen Abſchluſs ſchwacher Scheidewände, welche in der Höhe der Balkenlage endigen. Sie liegen vollkommen auf der Wand auf. Sie ſind in Fig. 41 bei *D*, *7* dargeſtellt, wenn man annimmt, daſs die hier angeordnete Wand über der Balkenlage nicht weiter geht.

6) Bundbalken liegen ganz in der Richtung einer Holz- oder Fachwerkwand, in welcher ſie zugleich das Rahmholz der unterliegenden und die Schwelle der überliegenden Geſchoſswand bilden; ſie nehmen alſo die Zapfen der Wand auf, ſind aber meiſt breiter als dieſe (*7* in Fig. 41).

7) Streichbalken ſind Balken, welche an einer Wand hinſtreichen. Scheidewände, welche mit ½ Stein oder geringerer Stärke durch mehrere Geſchoſſe gehen, müſſen in jeder Balkenlage durch zwei Streichbalken (*9*) eingefaſst werden. Soll ein Fuſsboden hergeſtellt werden, ſo müſſen auch entlang allen anderen Mauern Streichbalken gelegt ſein, welche mit den Balken parallel laufen, da man hier ſonſt

[31]) Vergl. auch Art. 2, S. 3.

den Fufsboden nicht auflagern könnte; zu letzterem Zwecke müffen fie an vielen Stellen eingelegt werden, obwohl dadurch fehr enge Balkenteilungen entftehen. Die Auswechfelung (*18*) in *B* ift nur durch das Erfordernis eines Streichbalkens an der benachbarten Scheidemauer nötig geworden.

Die Streichbalken können (bei *11*) auch den Zweck haben, wichtige Wände (Treppenhausmauern) vor dem Einlagern von Balken zu fchützen. Sie werden in diefem Falle durch die eingelagerten Balken fehr fchwer belaftet und daher nicht felten durch Konfolen oder andere Vorkragungen aus der Wand geftützt. (Siehe Fig. 3 bis 6, S. 6, fowie *11* in Fig. 41.)

Bei verfchoffenen Gebälken läfst man die Balken der einen Gruppe gern durch die Wand in einen auf der anderen Seite liegenden Streichbalken (*8* u. *14* in Fig. 41 u. *b* in Fig. 36) greifen, um hier eine innige Verankerung der Gruppen zu erzielen.

Schiefsen die Balken fchief gegen eine Wand, fo geben fie hier ungenügende Unterftutzung für den etwa notwendigen Fufsboden; alsdann werden kleine Streichbalken (*13*) als Wechfel zwifchen den Hauptbalken erforderlich.

8) Giebelbalken find die Streichbalken an der Giebelwand; fie heifsen Ortbalken, wenn fie ganz oder zum Teile auf einem Abfatze der Giebelwand liegen.

9) Dachbinderbalken find die meiften Balken der Dachbalkenlage; fie erhalten diefen Namen, wenn über ihnen ein Dachgebinde entwickelt ift; fie haben dann meift den aus dem Dachbinder entftehenden wagrechten Schub aufzunehmen, da Sparren oder Streben in ihre Enden verfatzt find.

10) Kehlbalken find die Balken der Kehlgebälke im Dachftuhle; fie werden in Teil III, Band 2, Heft 4 diefes »Handbuches« (bei den Dachftuhlkonftruktionen) befprochen.

11) Mauerlatten, Wandlatten, Raftladen oder Mauerbänke (*1*) find fchwache Hölzer, welche auf, in oder vor den Mauern auf Konfolen oder anderen Vorkragungen liegen und ein gemeinfames Auflager aller Balken der Balkenlage abgeben. (Vergl. auch Art. 2, S. 3, u. Fig. 3 bis 7.) Sie haben den Zweck, die Laft der Balken auf eine gröfsere Länge der Mauer zu verteilen, fchwache Stellen, z. B. weite Fenfter- und Thürbogen, zu entlaften und beim Zulegen als ficherer Anhaltspunkt für den Zimmermann zu dienen; fie fchwächen aber, ganz in die Wand gelagert, letztere erheblich und werden infolge ihrer wenig luftigen Lage leicht Anlafs zur Fäulnis der Hölzer.

12) Unter- und Ueberzüge (*15*) treten bei zu grofser Spannweite der Balken bezüglich der Unterftützung der letzteren an die Stelle der Wände. Sie haben die von den Balken angefammelten Laften zu tragen und werden daher in der Regel als kräftige Träger auszubilden fein. Unterzüge nehmen die Balken mittels Auflagerung, Ueberzüge mittels Anhängung auf. Infolge der erforderlichen Stärke ragen fie felbft dann noch gegen die Balkenlage vor, wenn fie auch, wie in Fig. 36 bis 39, die Höhe der Balken felbft mit ausnutzen. Da nun ein Vorfprung in der Deckenfläche gewöhnlich weniger hinderlich ift als ein folcher im Fufsboden, auch Auflagerung der Balken billiger und ficherer ift als Anhängung, fo kommen Unterzüge häufiger vor, als Ueberzüge. Nur für die Dachbalkenlage wird meift die Anordnung von Ueberzügen vorgezogen, weil im Dachraume der Vorfprung im Fufsboden meift nicht ftörend ift. (Vergl. auch das im vorhergehenden Kapitel unter c [S. 28] Gefagte.)

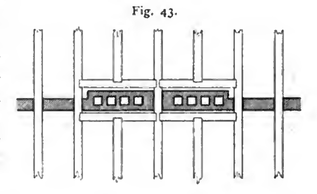
Bei älteren Bauten findet man Unter- und Ueberzüge dadurch erfetzt, dafs jeder der weit freiliegenden Balken zu einem verdübelten, verzahnten, offenen, Hängewerks- oder Gitterträger gemacht ift; bei neueren Konftruktionen greift man in folchen Fällen lieber zur Verwendung eiferner Balken, da die oben genannten Anordnungen viel Konftruktionshöhe in Anfpruch nehmen. Derartige Lagen von verftärkten Holzträgern werden daher hier nicht weiter berührt[32]).

Die aus den angeführten Hölzern beftehenden Balkenlagen durchfetzen das Gebäude nicht immer feiner ganzen Ausdehnung nach in der gleichen Höhenlage; vielmehr erhalten häufig einzelne an der Treppe liegende Räume den Fufsboden in Höhe der Treppenruheplätze, oder es werden noch befondere Teilungen einzelner Räume in die Mitte der Gefchofshöhe gelegt — Hängeböden. Die Anordnung der Decken in folchen Lagen bedingt die Ausbildung kleiner gefonderter Balkenlagen, welche ganz den obigen Regeln folgen.

19 Entwerfen der Balkenlage.

Beim Entwerfen einer Balkenlage trägt man in den feftgeftellten Gebäudegrundrifs zuerft alle notwendigen Balken, d. h. die Giebel-, Ort-, Wand-, Bund- und Streichbalken, ein und teilt dann zwifchen diefen die übrigen mit 80 bis 100 cm Teilmafs für volle, mit 30 bis 60 cm Teilmafs für Bohlenbalken ein. Da nun nicht für alle durch die notwendigen Balken gebildeten Abfchnitte gleiche Teilmafse zu finden fein werden, fo fällt die Balkenteilung in verfchiedenen Teilen des Grundriffes oft fehr verfchieden aus, wobei die am weiteften gefpannten Balken zweckmäfsig am engften gelegt werden (fiehe die Gruppe *C* in Fig. 41). Die fo verteilten Balken werden nun zum Teile auf die oben erwähnten Hinderniffe: Schornfteine, Treppenhäufer, fchwache Stellen in den Tragmauern u. dergl., ftofsen, welche dann durch Auswechfelungen zu umgehen find. Lange Stichbalken follen vor der Auswechfelung thunlichft durch eine Wand geftutzt fein; ausgedehnte Auswechfelungen wegen einer gröfseren Reihe von Rauchrohren, welche quer zu den Balken fteht, verkürzt man, indem man die Rohre in zwei Gruppen teilt, zwifchen welchen man einen Balken durchgehen läfst (Fig. 43). Liegen die Rauchrohre in einer dreieckigen Winkelausmauerung zwifchen zwei Wänden, fo ift vor diefe ein fchräger Wechfel zu legen, welcher dann häufig mit beiden Enden auf den Mauern ruht.

Fig. 43.



Bei allen gröfseren Auswechfelungen ift es zu empfehlen, Wechfel und Stichbalken durch eiferne Klammern zu verbinden (*12* in Fig. 37).

Beim Entwerfen ift ferner darauf zu achten, dafs man, abgefehen von den in die Umfaffungswände zu lagernden Balken, keine Teile blofs durch die Wände unterftützt, fondern alle Teile ineinander lagert, wie z. B. die Wechfel *6* in Fig. 41, welche je an einem Ende auf eine Wand gelagert werden können, durch diefe aber hindurchgeführt find, um fie mittels Bruftzapfen in den erften getroffenen Balken zu lagern. Der Grund hierfür liegt darin, dafs die Mauern auf dem Zimmerplatze nicht vorhanden find, man alfo alle Teile der gedachten Art beim Zulegen nicht

32) Vergl. darüber: GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbaukonftruktionen. Teil II: Die Arbeiten des Zimmermanns. Berlin 1882. Taf. XIII.

unmittelbar unterſtützen könnte, daher zu mittelbarem Einpaſſen greifen müſste, was dann leicht zu mangelhafter Ausführung verleitet.

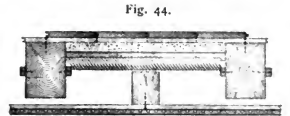
Sind die Balken in ſolcher Weiſe verteilt, ſo erfolgt die Stärkenbeſtimmung der einzelnen, wobei jedoch meiſt nur die Breite zu ermitteln iſt, da die Höhe aller Balken einer Balkenlage aus Gründen der Anlage der Decken und Fuſsböden dieſelbe ſein muſs. Es liegt auf der Hand, daſs z. B. ein Streichbalken ſchmaler ſein kann, als ein ganzer, weil er nur die halbe Laſt erhält. Soll der Streichbalken jedoch vor Rauchrohren (*S* in Fig. 41) ausgeklinkt werden, ſo iſt auf dieſe Schwächung Rückſicht zu nehmen. Ebenſo erhalten diejenigen Streichbalken volle Stärke, welche beſtimmt ſind, ſchwache Scheidemauern abzuſteifen.

Die Verzimmerung der ſo entworfenen Balkenlagen erfolgt auf dem Zimmerplatze durch zeichnungsgemäſses Zuſammenfügen aller Hölzer, wobei alle Verbindungen zugeſchnitten werden. Man beginnt mit der unterſten Balkenlage, legt auf dieſe die zweite und ſo fort, bis alle Balkenlagen fertig verzimmert übereinander liegen. Nur ſo iſt es möglich, ſowohl genaues Zuſammenfügen der Hölzer jeder einzelnen Balkenlage, als auch genaues Uebereinſtimmen der Balken der verſchiedenen Geſchoſſe zu erreichen; letzteres iſt für genau lotrechte Aufführung der Mauern unbedingt erforderlich. Für den Zimmermann iſt hierbei die Anordnung von Wandlatten äuſserſt bequem, weil ſie ihm bequeme Lagerung der Balken beim Zulegen und einfaches Feſtlegen der Maſse der Umfaſſungswände geſtattet. Welche groſsen Nachteile aber übrigens die Mauerlatten unter Umſtänden für die Gebäude haben, wurde in Art. 18 (S. 37 unter 11) und in Art. 2 (S. 3) bereits erwähnt. 20. Verzimmern und Auflegen der Balkenlage.

Das Aufbringen der verzimmerten Balkenlagen erfolgt, ſobald die ſtützenden Mauern bis Balkenunterkante hinaufgeführt ſind. Die Maurer müſſen während des Verlegens zu arbeiten aufhören, und um dieſe Unterbrechung thunlichſt zu verkürzen, muſs man über die Geſamtheit der Arbeiten ſo verfügen, daſs die Balkenlagen fertig zugelegt ſind, bevor das Lager für die unterſte hergerichtet iſt. Nach dem Verlegen der Balkenlage erfolgt das in Kap. 9 (unter b) zu beſprechende Einmauern der Balkenköpfe und das Weiteraufführen der Mauer des nächſten Geſchoſſes.

Als beſondere Arten von Balkenlagen ſind zunächſt die **Blockbalkenlagen** oder **Dübelgebälke**, auch Dübbel-, Döbel-, Diebel- oder Dippelgebälke geheiſsen (Fig. 4 bis 6 u. 25), zu erwähnen. Sie beſtehen aus miteinander verdollten, dicht nebeneinander gelegten Balken, ſind daher warm, ſtark und laſſen den Schall nur wenig durch. Sie machen im Maſſivbau aber Schwierigkeiten bei der Einmauerung, müſſen, wie in Fig. 4 bis 6, meiſt auf Auskragungen gelagert werden und finden ſich daher jetzt nur noch in Ländern, wo niedrige Holzpreiſe und die feuerpolizeilichen Beſtimmungen reinen Holzbau geſtatten, bisweilen auch in Lagerhäuſern auf eiſerner Stützung (ſiehe Fig. 25, S. 21). 21. Beſondere Arten von Balkenlagen.

Fig. 44.



Häufiger ſind **Blindbalkenlagen** (Fig. 44[33]). Selbſt bei ſorgfältigſter Herſtellung einer Decke ſind Durchdringen von Schall und Erſchütterungen nicht ganz zu beſeitigen, wenn dieſelben Balken Decke und Fuſsboden tragen. Wird in reicheren Gebäuden völlige Undurchdringlichkeit verlangt, ſo legt man zunächſt eine regelrechte Balkenlage zum Tragen des

[33]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

Verkehres im oberen Geſchoſſe an, befeſtigt dann aber die Decke des unteren nicht daran, ſondern ſchiebt zu dieſem Zwecke beſondere Balken in die Zwiſchenräume der erſteren ein, welche man Blind-, Fehl-, Fäll- oder Fallbalken nennt. Da

Fig. 45.

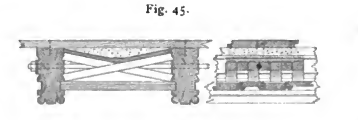
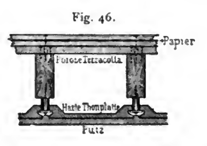


Fig. 46.



dieſe nur die Deckenausbildung zu tragen haben, können ſie erheblich ſchwächer ſein als die Hauptbalken, welch letztere hie und da zum Unterſchiede Sturzbalken geheiſsen werden. So geht durch dieſe Doppelanordnung keine oder doch

Fig. 47.

Fig. 48.

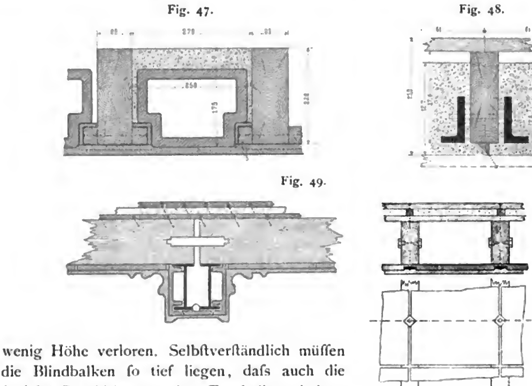


Fig. 49.

wenig Höhe verloren. Selbſtverſtändlich müſſen die Blindbalken ſo tief liegen, daſs auch die ſtärkſte Durchbiegung der Tragbalken keinen mit dieſen verbundenen Teil auf die Blindbalken ſetzt. Der Luftraum zwiſchen den beiden Balkenlagen und die völlige Trennung der Auflagerung halten Erſchütterungen und Schall faſt vollſtändig zurück. Dieſe Anordnung ſchützt auch reiche Stuckausſchmückungen oder Deckenmalereien vor den von oben kommenden Erſchütterungen.

Fig. 50. Fig. 51.



In vielen Gegenden, z. B. in Nordamerika[34]), verwendet man der Holzerſparnis wegen vielfach Bohlenbalken (Fig. 45 bis 51), d. h. Balken aus hochkantig geſtellten, vollkantig geſchnittenen Bohlen; da dieſe aber leicht umkanten, ſo müſſen ſie mindeſtens dicht an jedem

[34]) Siehe: *American engineer* 1887, S. 20. — *Engng. news*, Bd. 23 (1890), S. 368. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.

Auflager durch zwiſchen ſie eingezapfte Wechſelſtücke gegeneinander abgeſpreizt werden. Andere Mittel zu ihrer Verſteifung werden im folgenden (unter 2) angegeben werden.

Daſs Balkenlagen, welche durchweg aus verſtärkten Holzträgern beſtehen, jetzt meiſt durch eiſerne Tragwerke erſetzt werden, iſt bereits erwähnt worden [35]).

Beiſpiele dafür, wie ſtark die Balkenlagen durch die Ausbildung und Befeſtigung der Fuſsböden beeinfluſst werden können, zeigen Fig. 52 bis 58, welche aus dieſem Grunde hier erörtert werden.

Die wichtigſten Aufgaben bei dieſer Befeſtigung bilden die Verhinderung des Werfens und das Unſchädlichmachen des Schwindens der Fuſsbodendielen gegenüber

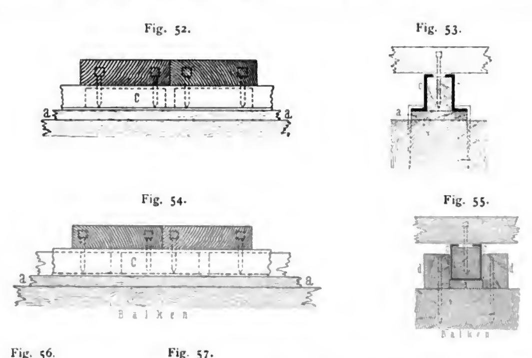


Fig. 52. Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.

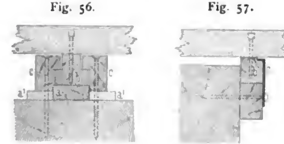


Fig. 56. Fig. 57.

der unveränderlichen Länge der Balken. Erſtere iſt nur durch kräftige Verbindung der Dielen mit gerade haltenden Unterlagen zu erzielen, die aber zum Oeffnen der Fugen durch Schwinden führt, wenn ſie einfach durch Nagelung auf den Balken erfolgt. Eine den geſtellten Anforderungen genügende Ausſtattung der Holzbalken gibt *Kirchhoff* in Ludwigshafen an (Fig. 52 bis 57).

Fig. 52 u. 53 zeigen zwei **Z**-Bleche c, welche mit einem keiligen nötigenfalls Polſterbrette *a* durch Hakennägel genau wagrecht auf dem häufig keiligen Balken befeſtigt werden, nachdem vereinzelte Holzabſchnitte *b* mit offenen Zwiſchenräumen ſo in die entſtehende Rinne gelegt ſind, daſs man je einen Abſchnitt unter jede Diele ſchieben kann. Wenn die Abſchnitte in die Rinne paſſen, ſo kann man die Dielen ſicher nageln und ſie nach eingetretenem Schwinden immer wieder dicht aneinander treiben, ohne ſie löſen zu müſſen.

In Fig. 54 u. 55 iſt dasſelbe mittels eines beinahe geſchloſſenen Blechkaſtens *c* erreicht, der loſe auf der Polſterleiſte *a* liegt und durch die Führungsleiſten *d* an ſeitlichen Verſchiebungen verhindert wird. Die Holzabſchnitte *b* müſſen vor dem Verlegen vom Ende her eingeſchoben werden. Auch hier gleicht das Polſter *a* die Keilgeſtalt des Balkens aus.

[35]) Vergl.: Gottgetreu, a. a. O., Taf. XIII.

Bei der in Fig. 56 dargeftellten Anordnung ift die Verwendung von Eifen vermieden. Die auf dem keiligen Polfter *a* ruhenden Abfchnitte *b* find hier ⊥-förmig, fo dafs fie von den unter Einlegen von Pafsklötzen a^1 auf die Balken zu nagelnden gekehlten Leiften *c* niedergehalten werden.

Alle bisher befchriebenen Anordnungen erfordern viel Höhe; ift diefe nicht vorhanden, fo kann die Befeftigung nach Fig. 57 erfolgen. Hier ift eine Lagerleifte zugleich mit einem Blechhakenftreifen *c* genau wagrecht feitlich an den Balken genagelt; dabei find zugleich die Holzabfchnitte *b* eingelegt, die zwifchen Balken und Blechftreifen geführt werden.

Für die gute Wirkung aller diefer Anordnungen ift genau fchliefsendes Paffen der Holzabfchnitte *b* Vorbedingung, die demnach ebenfo, wie die Hakenleiften *c* in Fig. 56, aus altem, hartem, nicht fchwindendem Holze beftehen müffen.

22. Holzart und Sorte.

Als Holzart wird jetzt an Stelle der früher häufig verwendeten Eiche wegen der bedeutenden Holzlängen, des billigeren Preifes und der guten Tragfähigkeit die Tanne, weniger gern die Kiefer verwendet. Die Lärche liefert vorzügliche Balken, ift aber felten.

Als Holzforte wird zu den Balken in der Regel Ganzholz verwendet; nur die fchmalen Streichbalken können aus Halbholz gebildet werden. Das Gleiche gilt von den Nebenteilen der Balkenlagen; nur ganz untergeordnete Hölzer, z. B. kurze Wechfel an den Wänden zur Aufnahme der Dielenenden (*13* in Fig. 41), können aus gewöhnlichem Verbandholz (Kreuzholz) hergeftellt fein.

Tadellofe Ausführungen follen nur vollkantig gefchnittene Hölzer enthalten; doch find wefentliche Nachteile für die Dauerhaftigkeit aus der Verwendung waldkantiger (auch wahnkantig genannter) Hölzer nicht zu befürchten, wenn diefe nur vollkommen von Borke, Baft und Splint befreit und fo weit befchlagen (gebeilt) find, dafs die Balkenlager genügend grofse ebene Auflagerflächen befitzen und erforderlichenfalls Fufsboden und Decke regelrecht angebracht und befeftigt werden können.

b) Ausfüllung der Balkenfache.

(Fehlböden oder Zwifchendecken.)

23. Ueberficht.

Unter diefer Ueberfchrift follen alle diejenigen Ausfüllungskonftruktionen für die Balkenzwifchenräume (Balkenfache) zufammengefafst werden, welche den Zweck haben, die Decke undurchdringlich gegen den Schall und Wärmeunterfchiede zu machen. Daher find hier fchlechte Wärme- und Schallleiter in zweckentfprechender Weife zu verwenden. Mangelhafte Ausbildung diefer Zwifchendecken bildet einen der hauptfächlichften Gründe für die Ungemütlichkeit und der ungefunden Eigenfchaften der Wohnungen in billig hergeftellten Gebäuden.

Hier werden zu befprechen fein:

1) Balkenlagen ohne Ausfüllung;
2) Dübelböden;
3) Windelböden;
4) Einfchubböden, und
5) neuere Fachausfüllungen.

1) Balkenlagen ohne Ausfüllung.

24. Dübelgebälke.

Hierher gehören zunächft die Dübelgebälke, weil bei diefen die Balken, meift flach gelegte Halbhölzer, felbft die Ausfüllung bilden. Um die Fugen zu fchliefsen, verftreicht man fie von oben mit Lehm und deckt dann zur Schall-

dämpfung die Balken mit 7 bis 10 cm Füllung oder Bettung, meist trockenem, feinem Sande, ab (Fig. 4 bis 6, S. 66). Soll ein Fufsboden aufgebracht werden, fo werden in diefe Füllung in Abftänden von 0,8 bis 1,0 m Lager aus Bohlen von 5 cm Dicke und 12 cm Breite eingebettet, welche den Fufsboden unmittelbar tragen und Polfter- oder Lagerhölzer genannt werden. Durch letztere erzielt man eine fchlichte Lagerung der Fufsbodenbretter, welche auf den nicht genau gefchnittenen Balken kein ebenes Auflager finden würden, und vermeidet das unmittelbare Uebertragen von Erfchütterungen. Sorgfältiger Verftrich der Balkenfugen ift erforderlich, weil fonft die Füllung durchriefelt.

In Fig. 25 (S. 21) fehlt die Bettung, und der Fufsboden ruht unmittelbar auf dem Dübelgebälke, weil es hier auf leichtefte Anordnung in erfter Linie ankam [36]).

25. Gewöhnliche Balkenlagen ohne Ausfüllung.

In gewöhnlichen Balkenlagen fehlt die Ausfüllung nur in Gebäuden, welche Lagerzwecken oder gewerblichen Betrieben dienen, nie in Wohngebäuden, aber befonders häufig da, wo die Balkenlagen fehr fchwer belaftet werden follen (in Speicherräumen, fiehe Fig. 15, S. 13), um die Decke an fich thunlichft leicht zu halten. Solche Decken fchliefsen die Heizbarkeit einzelner Gefchoffe aus und laffen auch die fchwächften Schallwellen durch. Ift eine Deckenfchalung im engeren Sinne unter den Balken angeordnet, fo entftehen in den ganz offenen Balkenfeldern für Ungeziefer günftige Schlupfwinkel.

2) Dübelböden.

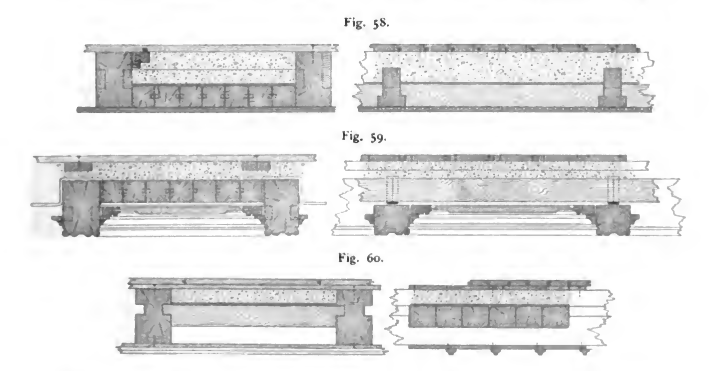
26. Konftruktion.

Dübelböden entftehen durch Einfügen dicht gelegter fchwächerer Verbandhölzer zwifchen die Balken, welche miteinander verdübelt, verdollt, werden. Liegen diefe Hölzer parallel zu den Balken, fo werden fie durch eingezogene hölzerne

Fig. 58.

Fig. 59.

Fig. 60.



Wechfel (Fig. 58) oder Bügel aus Bandeifen (Fig. 59) getragen; liegen fie winkelrecht zu den Balken, fo zapft man fie in diefe ein (Fig. 60), wobei jedoch die

[36]) Fig. 25 entfpricht etwa der Anordnung des Brookthor-Speichers in Hamburg, wo das Eigengewicht thunlichft gering zu halten war, weil die Stützen ohnedies fchon fehr fchwer wurden.

Balken durch Nuten erheblich geſchwächt werden; dieſe Nuten ſollen thunlichſt in der Mitte der Balkenhöhe liegen. Die Füllhölzer werden unten bündig mit den Balken gelegt, wenn die Gefache ganz ausgefüllt werden ſollen (Fig. 58); genügt teilweiſe Füllung, ſo legt man ſie weder oben, noch unten bündig (Fig. 60). Will man den bei den beiden vorigen Anordnungen unmittelbar auf die Balken zu lagernden Fuſsboden von dieſen ganz trennen, ſo legt man die Füllhölzer oben bündig und bettet beſondere Fuſsbodenlager von etwa 5×12 cm Querſchnitt in eine Sandüberſchüttung ein (Fig. 59). Unter allen Umſtänden ſind auch hier die Fugen der Füllhölzer gut zu verſtreichen. Derartige Zwiſchendecken ſind wegen des Holzaufwandes und der Feuergefährlichkeit ſelten.

3) Windelböden und Wickelböden, Wellerungen und Stakungen.

27. Konſtruktion. Dieſe Namen bezeichnen ſämtlich ſolche Ausfüllungen der Balkenfache, welche aus mit Strohlehm umwickelten Weller- oder Stakhölzern hergeſtellt ſind. Man verwendet dazu geſpaltenes Knüppelholz (eichen) oder geſpaltene Schwarten von Eichen-, Tannen- und Kienenſchnitthölzern. Die Umwickelung erfolgt mit Langſtroh, welches zum Zwecke dichten Schluſſes der Wellerhölzer gegen Wärme und Kälte mit dünnem Lehmbrei geſattigt iſt. Bei billigerer Ausführung legt man die unumwickelten Stakhölzer auch wohl dicht zuſammen und deckt ſie mit einer Lage von Krummſtroh mit Lehm ab; die Wickelung iſt jedoch vorzuziehen. Ueber die Wellerung bringt man zur Verbeſſerung der Dichtigkeit einen an den ſchwächſten Stellen 2 cm dicken Lehmſchlag, und die ſo geſchloſſene Ausſtakung nimmt dann die eigentliche Füllung oder Bettung auf, nachdem die naſs eingebrachte Lehmmaſſe vollkommen ausgetrocknet iſt.

28. Füllung. Als Füllung verwendet man am beſten reinen, feinen, trockenen Sand, ſchwefelfreie Hochofenſchlacke oder Schlackenwolle. Dieſe Stoffe ſtäuben wenig oder gar nicht. Nicht ſo gut, aber viel im Gebrauch, ſind Bauſchutt, trockene Kohlenaſche [37]) und ungewaſchener Sand, welche alle viel Staub geben. Die Füllſtoffe ſollen jedenfalls vollkommen frei von organiſchen Beimengungen ſein, da ſie ſonſt die Luft in den Räumen verderben. Füllungen mit Sägemehl, Moos, Häckſel u. dergl. ſind zwar an ſich vorzüglich, aber ihrer groſsen Feuergefährlichkeit wegen verboten. Der ſehr leichte Torfgruſs ſcheint ſich — als nicht feuergefährlich — gut zu bewähren.

Ganz beſonders geeignet in geſundheitlicher Beziehung iſt Kieſelgur; doch iſt ihr Preis verhältnismäſsig hoch.

Wird ein Fuſsboden aufgebracht, ſo muſs die Füllung oben die Fuſsbodenunterfläche thunlichſt in allen Punkten berühren, da das Hohlliegen der Fuſsböden den Lärm des auf ihnen ſtattfindenden Verkehres weſentlich verſtärkt, wenn der Fuſsboden nicht ſelbſt ſehr ſtark — etwa doppelt — iſt.

Auf die richtige Wahl des Füllſtoffes wird mit Recht ein ganz beſonderer Wert gelegt, und die Schwierigkeit, nach allen Richtungen einwandfreie Füllſtoffe zu erhalten, bildet einen der hauptſächlichſten Gründe, welche gegen die bisher meiſt üblichen Ausfüllungen der Balkenfache mit loſen Füllſtoffen ſprechen.

---

[37]) In manchen Gegenden verwendet man zur Füllung ſog. Steinkohlenlöſch; dies ſind die Rückſtände der Dampfkeſſelfeuerungen: Schlacke und Aſche; dieſer Stoff wird trocken und thunlichſt ruſsfrei eingebracht.

Neben der Vermeidung von Staubbildung, welche, wie bereits erwähnt, namentlich bei Afche, unreinem Sande und Baufchutt auftritt, und von fäulniserregender Einwirkung auf die benachbarten Holzteile, welche eintritt, wenn der Füllftoff dauernd Feuchtigkeit aus der Luft auffaugt und organifche Beftandteile, insbefondere Pilzfporen, enthält, kommt namentlich die Einwirkung des Füllftoffes auf die gefundheitlichen Verhältniffe der Innenräume in Frage.

Einen allen diefen Anforderungen entfprechenden Füllftoff erhält man durch Wafchen und nachfolgendes Ausglühen von Sand, ein Verfahren, das z. B. beim Regierungsgebäude in Hildesheim ftreng durchgeführt wurde [38]).

Die dort verwendete Vorrichtung zum Ausglühen beftand in einem einer Wafferfchnecke gleichenden, geneigt liegenden Trommelofen von 40 cm Durchmeffer und 175 cm Länge, durch welchen der Sand beim Umdrehen der Trommel von einer Schraubenfläche aus Blech langfam unter ftetem Aufrühren hindurchgefchoben wurde. Die etwa 250 kg fchwere Vorkehrung koftete 150 Mark. Die Stellung des Gerätes und das Ausglühen waren dem Unternehmer vertragsmäfsig aufgegeben.

Befonders beachtenswert find die Verfuche, welche *Koch* über den Einflufs der Füllftoffe, insbefondere der Kiefelgur (Diatomeenerde von Unterlüfs), auf die Entwickelung von Bakterien angeftellt hat [39]).

Koch fand in 1 ccm der Diatomeenerde nur etwa 3 bis 4 Bakterien und ftellte 15,6 Vomhundert Glühverluft feft, worin aber die Verwandelung unorganifcher Stoffe beim Glühen einbegriffen ift. Bei dem Verfuche der Vermengung mit Typhus-, Cholera und Eiterbacillen enthaltender Nährbouillon zeigte fich, dafs die Mifchung mit trockener Kiefelgur fchwierig war, weil die Bouillon in Tropfen zufammenlief und erft nach langer Zeit aufgefogen wurde; mit feuchter Kiefelgur erfolgte die Mifchung leicht.

In der trockenen Diatomeenerde hatten die Cholerakeime nach 14 Tagen, die Typhuskeime nach 21 Tagen ihre Keimfähigkeit verloren; die Eiterkeime blieben entwickelungsfähig. Bei guter Mifchung mit feuchter Kiefelgur ftarben dagegen die Cholerabacillen fofort, die Typhus- und Eiterkeime nach 8 Tagen ab. Diefes Verhältnis ift günftig, weil die Bacillen nicht anders, als mit viel Waffer in die Füllung gelangen können. Die Wirkung fchreibt *Koch* der Beimengung von fchwefelfauren Salzen zu, welche bei der Aufbereitung der Infuforienerde mittels Schwefelfäure entftehen.

Was die Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit anlangt, fo verhalten fich verfchiedene Füllftoffe, wie folgt. Es enthält an Waffer

	Kiefelgur	Baufchutt	Afche	getrockneter Sand	
in lufttrockenem Zuftande	7,6	1,7	1,13	0,13	Vomhundert
bis zum Abtropfen mit Waffer gefättigt . .	223	27,6	86,5	17,5	» .

Danach wird die Kiefelgur unter Umftänden noch trocken bleiben, unter welchen die übrigen Füllftoffe, namentlich Sand, bereits völlig durchnäfst find. Allerdings erfolgt die Wafferaufnahme bei der Diatomeenerde wegen des 86 Vomhundert betragenden Porenraumes sehr langfam, fo dafs bei plötzlichen Ueberflutungen das Durchfickern des freien Waffers eintritt. Dagegen wirkt die aufserordentliche Aufnahmefähigkeit für Waffer in längerer Zeit dauernd austrocknend auf die umgebenden Bauteile und Räume ein.

Der Grad des durch die verfchiedenen Füllftoffe erzielten Wärmefchutzes wurde feftgeftellt, indem man ein Eifenrohr mit 2 cm Zwifchenraum mit einem Blechrohre umhüllte, den Zwifchenraum mit Füllftoff füllte und dann 45 Grad C. warmes Waffer in das Rohr brachte. Das Waffer kühlte in 110 Minuten ab

in einem Mantel aus	Kiefelguhr	Baufchutt	Afche	Sand	Luft	
auf	39	33,3	35,8	34,3	37,2	Grad C.;

die Diatomeenerde ift alfo auch in diefer Beziehung allen anderen Stoffen überlegen.

Das Gewicht von 1 cbm trockener Kiefelgur ift 302,7 kg, gegen 1750 kg von 1 cbm Sand und 840 kg von 1 cbm Afche; hiernach ift diefe Deckenfüllung auch fehr leicht.

Leider find die Koften bedeutend; 1 cbm Kiefelgur, rofa geglüht, koftet 15 Mark (befte), ungeglüht mit grauer Farbe 10 Mark [40]).

[38]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 199.

[39]) Siehe ebendaf., S. 332.

[40]) Ueber die gefundheitliche Bedeutung des Füllftoffes für die Balkenfache fiehe auch noch:

EMMERICH, R. Die Verunreinigung der Zwifchendecken unferer Wohnräume in ihrer Beziehung zu den ektogenen Infectionskrankheiten. Zeitfchr. f. Biologie 1882, S. 253.

Die Zwifchendecken in Wohnhäufern als Krankheits-Herde. Deutfche Bauz. 1883, S. 35

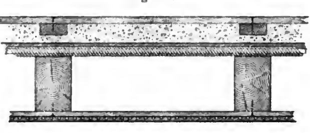
Von befonderen Mitteln zur Füllung der Hohlräume ift noch das von *Kortüm* verwendete und empfohlene Gemenge von Kalkmörtel und Heu [41]) anzuführen, das jedoch nur da am Platze ift, wo es keine Laft zu tragen hat, alfo namentlich unterhalb der Wellerungen und Einfchübe, um die Decke durch Füllung der Hohlräume über den Schalbrettern dicht gegen Schall und Wärme zu machen, ohne das Gewicht erheblich zu erhöhen.

29.
Geftreckter Windelboden.

Je nach der Höhenlage der Wellerung zu den Balken unterfcheidet man den geftreckten, den halben und den ganzen Windelboden.

Der geftreckte Windelboden (Fig. 61) entfteht, wenn man lange Wellerftangen über die Balken hinftreckt. Er wird vorwiegend verwendet, wo es auf billige Herftellung einer warmen Decke ankommt, welche nicht viel zu tragen hat, d. h. in landwirtfchaftlichen Gebäuden; man deckt hier häufig nur einen etwas ftarken Lehmfchlag auf die Wellerung, womit Decke und Fufsboden hergeftellt find. Da hierbei die fchwachen Stakftangen die aufgebrachte Laft nach den Balken übertragen müffen, fo ift die Tragfähigkeit einer folchen Decke fehr gering. Soll ein regelrechter Fufsboden hergeftellt werden, fo bringt man Füllung in einer Stärke von 8 bis 10 cm (Fig. 61) auf den Lehmfchlag und lagert in diefen die Fufsbodenlager gerade über den Balken ein, um die Laft thunlichft unmittelbar auf diefe zu bringen. Da aber der Fufsboden auf der Füllung liegt und die Lager in letztere eingedrückt werden, fo ift eine Laftübertragung durch die Stakung auch fo nicht ganz zu umgehen.

Fig. 61.



Vorteilhaft ift die Verwendung des geftreckten Windelbodens bei Anordnung von Blindbalkenlagen (Fig. 62), weil die Balkenfache fur die Blindbalken ganz frei bleiben, diefe alfo hoch, d. h. leicht ausgebildet werden können. Von allen Windelböden ift der geftreckte auch der leichtefte, belaftet alfo die Balken am wenigften. Durch die vollftändige Auflagerung auf die Balken geht aber den übrigen Deckenkonftruktionen gegenüber Höhe verloren, und die deshalb anzuftrebende Dünnheit

Fig. 62.

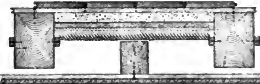
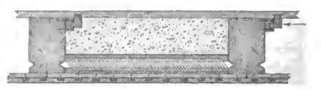


Fig. 63.



Recknagel. Vortheile und Nachtheile der Durchläffigkeit von Mauern und Zwifchenböden der Wohnräume Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1885, S. 73

Nussbaum, Ch. Hygienifche Forderungen an die Zwifchendecken der Wohnhäufer. Archiv f. Hygiene, Bd. 5, S. 264.

Verunreinigung der Zwifchendecken der Wohnräume und ihr Einflufs auf die Gefundheit der Bewohner. Mittel zur Verhütung und Bekämpfung der Verunreinigungen. Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 329.

Die hygienifchen und technifchen Anforderungen an Zwifchendecken in Wohngebauden. Deutfches Baugwksbl. 1887, S. 535.

Heinzelmann, H. Die Fehlböden (Zwifchendecken). Ihre hygienifchen Nachtheile und deren Vermeidung. München 1891.

Falkenhorst, C. Das Buch von der gefunden und praktifchen Wohnung. Heft 1: Unfere unfichtbaren Feinde. Leipzig 1891.

41) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

der Decke beeinträchtigt die Dichtigkeit gegen Wärme und Schall. Die Unzuträglichkeiten, welche aus den völlig hohlen Balkenfachen bezüglich des Ungeziefers entstehen, wurden oben bereits erwähnt.

Der halbe Windelboden (Fig. 62) entsteht, wenn man die Wellerung innerhalb der Balkenfache etwa in halber Höhe der Balken anbringt, so dass der Fussboden unmittelbar auf die Balken gelagert werden kann. Die Wellerhölzer werden auf Weller- oder Stakleisten gelagert (Fig. 62) oder in Weller- oder Staknuten eingeschoben, welche man in entsprechender Höhe an den Balken anbringt (Fig. 63). 30. Halber Windelboden.

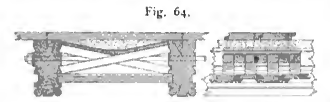
An sich sind beide Anordnungen gleichwertig; jedoch werden die Leisten meist vorgezogen, weil das Annageln derselben einfacher ist als das Einstossen der Nuten in die meist wahnkantigen Balken. Auf die Wellerung bringt man, wie früher, Lehmschlag und Füllung. Da der Fussboden nun unmittelbar auf den Balken ruht, so ist die Stakung der Last fast ganz entzogen. Diese Ausfüllung der Balkenfache ist die unter den Windelböden jetzt am meisten verwendete; sie wird um so dichter, aber auch um so schwerer, in je tieferer Lage man die Stakung einsetzt.

Die schwachen, meist aus Schwartenbrettern gespaltenen Wellerhölzer sind für Fäulnisvorgänge günstige Angriffspunkte; man hat sie daher, nebst den Wellerleisten, vereinzelt wohl durch aus Rechteckeisen geschnittene Leisten und Stäbe ersetzt [42]), wodurch man selbstverständlich zu nicht unbeträchtlich höheren Kosten gelangt.

Eine gewöhnliche Balkendecke mit halbem Windelboden, Fussboden und Putzdecke, 35 cm dick, 6 m frei tragend, kostet für 1 qm Grundfläche etwa 15 bis 16 Mark [43]).

Der ganze Windelboden (Fig. 63) ist dem vorigen in allen Einzelheiten gleich, unterscheidet sich von letzterem nur dadurch, dass die Wellerung weit genug nach unten gelegt wird, um die Deckenschalung einen unter der Stakung angebrachten dünnen Lehmputz in allen Punkten berühren zu lassen. Diese Ausfüllung der Balkenfache ist die dichteste, aber auch schwerste von allen Windelböden; sie empfiehlt sich daher für gut ausgestattete Wohngebäude, nicht jedoch an solchen Stellen, wo es auf das Tragen schwerer Lasten ankommt; sie wird übrigens, der Kosten und des grossen Gewichtes wegen, nur wenig verwendet. 31. Ganzer Windelboden.

Fig. 64.



Eine von den vorigen abweichende Art der Stakung ist die Kreuzstakung, bei welcher die meist unumwickelten Stakhölzer mit abwechselnder Neigung nach links und rechts zwischen die Leisten oder Nuten (Fig. 64) der Balken eingesetzt werden. Diese schrägen Stakhölzer bilden eine sehr wirksame Absteifung der Bohlenbalken [44]) gegen Kanten und Werfen. Sie wirken wie Streben kleiner Hängewerke, welche die auf einen Balken kommende Last auf die beiden Nachbarn mit übertragen, somit die ganze Balkenlage tragfähiger machen. 32. Kreuzstakung.

Die wagrechte Seitenkraft dieser Strebendrücke kann von den schmalen Balken jedoch nicht aufgenommen werden, deren seitliche Durchbiegung die Strebenwirkung aufheben würde. Zur Aufhebung dieser wagrechten Seitenkraft werden daher in

[42]) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.
[43]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 134, 143; 1890, S. 65.
[44]) Siehe: *American engineer* 1887, S. 230.

Abſtänden von etwa 2 m Rundeiſenanker durch die Balkenlage gezogen, welche man durch in der Mitte angebrachte Mutterſchlöſſer mit Gegengewinde [45]) in Spannung bringt. Um die unbequeme Bohrung aller Balken zu vermeiden, kann man dieſe Rundeiſenanker zweckmäſsig durch auf und unter die Balken genagelte Bandeiſen erſetzen, wie ſie für eiſerne Balken in Fig. 65 u. 66 angegeben ſind. Bei Bretterfuſsböden wird die Aufhebung der wagrechten Kräfte jedoch auch ſchon durch die quer zu den Balken laufenden und an dieſe angenagelten Fuſsbodendielen, ebenſo auch durch Deckenſchalbretter bewirkt; unbedingt notwendig ſind die Anker alſo nur, wenn ſolche Bretterlagen ganz oder, wie in Fig. 64, zum Teile, hier nämlich unten, fehlen.

Fig. 65.

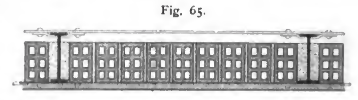
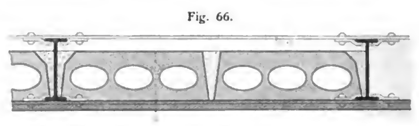


Fig. 66.

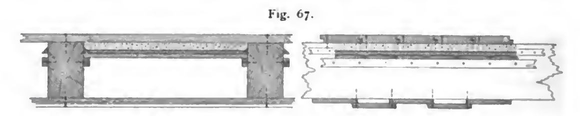


Ueber die Stakhölzer bringt man zunächſt behufs Schlieſsens der gebliebenen Oeffnungen eine Lage von Langſtroh mit Lehm und Lehmſchlag, darauf dann die Füllung.

4) Einſchubböden.

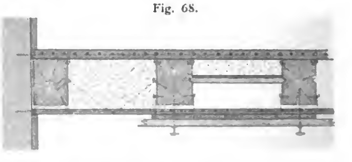
33. Konſtruktion. Einſchubböden ſind den Windelböden gleichfalls ſehr ähnlich; nur bringt man in die Nuten oder auf die Leiſten der Balken ſtatt der Stakhölzer Schwartenbretter.

Fig. 67.



Der Einſchub wird entweder einfach (Fig. 67 u. 68, rechtes Fach) oder als Stülplage (Fig. 69) ausgebildet; bei beiden werden die Fugen ſorgfältig mit Lehm verſtrichen und mit Lehmſchlag überdeckt. Die über dieſem liegende Füllung iſt meiſt nur wenige Centimeter ſtark, und der gröſste Teil der Balkenfache bleibt frei. Liegen die Einſchubbretter auf Leiſten, ſo wird wohl auch eine dreieckige Leiſte über ſie genagelt (Fig. 67), um das Ausheben der Bretter auszuſchlieſsen. Die Stülpdecke (Fig. 69) hat vor den nebeneinander liegenden Brettern des einfachen Einſchubes den Vorteil gröſserer Dichtigkeit. Sind Nuten zum Anbringen des Einſchubes vorgeſehen, ſo muſs man an den Enden der Balken bis auf die Nuten hinunter Ausſchnitte von Brettbreite anbringen, um die letzten Ein-

Fig. 68.



[45]) Siehe: Teil III, Band 1 dieſes »Handbuches« Fig. 448, S. 163 (2. Aufl.: Fig. 458, S. 176.).

fchubbretter in die Nuten einbringen zu können. Wegen ihrer Leichtigkeit ift diefe Einfchubdecke fehr beliebt und wird häufiger verwendet, als der halbe Windelboden, dem fie jedoch an Dichtigkeit nachfteht.

Ganz befonders leicht kann die in Fig. 70 dargeftellte Abart diefer Decke hergeftellt werden. Hier ruhen die Bretter oben auf den Balken zur Seite oder unterhalb (Fig. 71) kleiner, den Fufsboden tragender Auffchieblinge; nach Verftrich der Bretter wird der entftehende Zwifchenraum zwifchen den Auffchieblingen mit Füllung gefchloffen. Diefe Decke ift weder gegen Schall noch Wärmeübertragung dicht, belaftet aber die Balken fehr wenig und wird daher in folchen Gegenden verwendet, wo der fchlechte Untergrund thunlichft leichte Konftruktion aller Gebäudeteile verlangt.

Fig. 69.

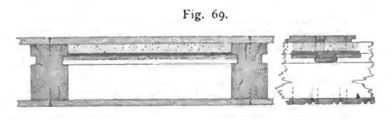
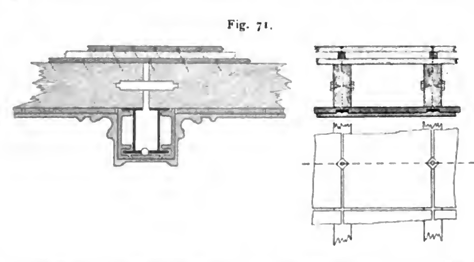


Fig. 70.

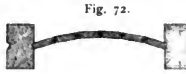
Befonders fchwer wird die Deckenkonftruktion, wenn man, wie dies in Oefterreich üblich ift, die Stülpdecke — dort Sturzboden genannt — auf die Balken aufnagelt, alsdann die Füllung aufbringt und in letztere die Fufsbodenlager verlegt. Die Dichtheit einer folchen Decke ift eine grofse, aber auch die für diefelbe erforderliche Konftruktionshöhe eine bedeutende.

Fig. 71.



In leichten Holzarchitekturen findet fich in einzelnen Gegenden, z. B. im Schwarzwalde, eine gefederte Daubenfüllung (Fig. 72), welche fich gewölbartig zwifchen die Balken fpannt und durch etwas keilig gefchnittene Scheitelfchlufsfedern feft eingeklemmt wird. Die Konftruktion liefert keine wefentlich befferen Ergebniffe als die Einfchubdecke, mit der fie bezüglich der Füllung gleichartig behandelt werden kann; fie ift aber verwickelter und koftfpieliger als diefe, daher felten und nur nach Ortsgebrauch aus der Innenausftattung der Räume entftanden.

Fig. 72.



34. Mängel diefer Konftruktionen.

Diefe Deckenkonftruktionen, welche durch Jahrhunderte die allein verwendeten gewefen find, müffen der klareren technifchen Erkenntnis der Neuzeit mehr und mehr weichen. Ihre Mängel: das Einbringen grofser Mengen von Feuchtigkeit beim Neubaue gerade in die Teile der Gebäude, wo fie am gefährlichften ift, die Mangelhaftigkeit, Vergänglichkeit, geringe Feftigkeit

und Unreinheit der verwendeten Stoffe, das vergleichsweife grofse Gewicht, die bei leichterer Ausbildung mangelhafte Dichtigkeit gegen Wärme und Schall bewirken, dafs fich die gute Bautechnik mehr und mehr von diefen Anordnungen abwendet; fie werden vorausfichtlich in nicht ferner Zeit zu den veralteten gehören.

35. Neuere Deckenkonftruktionen.

Das Streben nach Bauweifen, welche frei von den angeführten Mängeln find, bringt fogar in fehr vielen Fällen auch die Holzbalken, welche man an diefe Zwifchendecken geknüpft anfieht, mit zu Falle, und viele halten den eifernen Balken für ein wefentliches Merkmal neuerer Deckenkonftruktionen. Diefe Anfchauung trifft nicht zu. Der hölzerne Balken kann bei richtiger Verwendung und Behandlung nach wie vor als ein durchaus zweckmäfsiger Konftruktionsteil betrachtet werden, namentlich nachdem man erkannt hat, dafs fich auch bezüglich der Feuerficherheit eiferne und hölzerne Balken nicht wefentlich verfchieden verhalten und dafs fie beide gleich wirkfamen Schutzes gegen Feuer bedürfen.

Der Holzbalken ift im ftande und berechtigt, feine Stellung im Baugewerbe zu wahren, namentlich wo die Preife ihn zum billigeren Deckenträger machen und wo nicht befonders fchwere Laften zu tragen oder befonders grofse Weiten zu überfpannen find. Die Mängel der älteren Decken ftecken in den Fachausfüllungen, auf deren Verbefferung fich denn auch die neueren Beftrebungen hauptfächlich richten. Dafs die Herftellung in jeder Beziehung befriedigender Fachausfüllungen auch zwifchen Holzbalken heute als gelungen bezeichnet werden kann, werden die nun im einzelnen zu befprechenden neueren Löfungen zeigen.

5) Neuere Fachausfüllungen.

36. Einteilung.

Die neueren Fachausfüllungen find einzuteilen:

𝔄) in folche, bei denen nur der Füllftoff durch andere Mittel erfetzt ift, und

𝔅) in folche, bei denen auch der Träger der Füllung anders ausgebildet ift, als durch Wellerung oder Einfchub; unter den letzteren find dann wieder zu unterfcheiden:

- 𝔞) Ausfüllungen aus gebrannten oder Schwemmfteinen;
- 𝔟) Ausfüllungen aus dünnwandigen gebrannten Thonkaften oder -Platten (Terrakotten);
- 𝔠) Ausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement oder Beton;
- 𝔡) Ausfüllungen aus im Bau einzuftampfenden Mörtel- oder Betonkörpern.

α) Fachausfüllungen der Gruppe 𝔄.

37. Ausfüllungen mit Korkplatten.

Eine Zwifchendecke mit den gewöhnlichen, oben erörterten Teilen, aber verbefferter Füllung zeigt die in Fig. 73 dargeftellte Decke mit **Korkplatten**[46]).

[46]) **Korkfteine und Korkplatten** liefern:

Die fächfifche Korkftein-Fabrik **Einfiedel** bei Chemnitz; *A. Haacke & Co.* in Celle, letztere die Korkfteine in der Gröfse 25 × 12 × 6,5 cm mit 0,6 kg Gewicht und die Platten 3 cm, 4 cm, 5 cm und 6 cm ftark mit Gewichten von 8 kg, 11 kg, 14 kg und 17 kg für 1 qm.

C. u. *E. Mahla*, Ifoliermittel-Terralith-Papyrolith-Fabrik in Nürnberg, dabei befondere derartige Erzeugniffe unter den Bezeichnungen Terralith und Papyrolith.

R. Stumpf in Leipzig-Plagwitz.

Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rh. (D. R.-P. 68532).

Infuforit-Kork, *Rheinhardt & Co.* Hannover, Vereinigte Norddeutfche und Deffauer Kiefelgur-Gefellfchaft in Berlin und Wien.

Letztere liefern eine fehr warme und für Schall und Feuchtigkeit undurchläffige Decke, bedürfen jedoch wegen ihrer geringen Tragfähigkeit durchlaufender Unterftützung; die in Fig. 73 mittels des gewöhnlichen Einfchubes erzielt ift. Die Fugen der Platten werden mit Gips oder Zement verftrichen, und die Lage wird dann in der Regel zur Erzielung dichten Anfchluffes an den Fufsboden noch mit einer dünnen Schicht von Füllfand bedeckt.

Fig. 73.

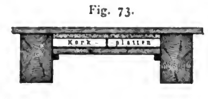
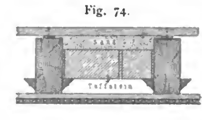


Fig. 74.



β) Fachausfüllungen der Gruppe 𝔅, 𝔞.

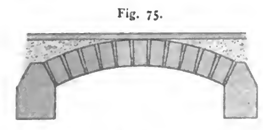
Decken mit tragender Füllung befferer Art entftehen zunächft nach Fig. 74, indem man Steinreihen in Mörtel auf die an die Balken genagelten Leiften fetzt, und zwar bei engen Balkenteilungen und unter geringer Laft mit flach gelegten, fonft mit hochkantig geftellten Steinen. Bei Verwendung guten Mörtels erlangt diefe Füllung aus hochkantig ftehenden Steinen noch eine erhebliche Tragfähigkeit, wenn man bis zu lichten Fachbreiten von drei Steinlängen geht, was dann etwa 95 cm Teilung der Balkenmitten entfprechen würde. Die Stofsfugen find dabei in den Reihen in Verband zu verfetzen. 38. Decken mit tragender Ausfüllung.

Verwendet man gewöhnliche Backfteine, fo wird die Decke unverhältnismäfsig fchwer; deshalb werden zu folchen Zwecken überwiegend Langlochfteine verwendet. Bei gutem Mörtel kann man mit der Fachweite bis zu $1\frac{1}{2}$ Steinlängen gehen, wenn man die Lochfteine auch flach legt.

Leichter, wärmer und dichter werden diefe Ausfüllungen aber unter Verwendung von Tufffchwemmfteinen, die, hochkantig geftellt, für die gewöhnlichen Verhältniffe der Holzbalkenlagen bis 100 cm Teilung trotz ihrer wefentlich geringeren Feftigkeit noch ausreichen. Die Schwemmfteine gehören zu den beften Füllungen, fie find auch porig genug, um luftige Lage der Balken zu fichern. Uebrigens zeigt Fig. 74 die üblichen Anordnungen.

Noch tragfähigere Ausfüllungen aus Steinen erhält man durch Schliefsung der Balkenfache mittels regelrechter Wölbung nach Fig. 75; doch hat diefe Konftruktion die Nachteile, dafs fie vergleichsweife viel Höhe beanfprucht, dafs die Balken durch Wegfchneiden gerade ihrer wichtigften Teile fehr gefchwächt werden, dafs die Balken oben ftark eingefchloffen liegen, weil man gerade die Kämpferfuge fehr dicht fchliefsen mufs, dafs die Balken alfo bei feuchten Räumen in folchen Decken nicht lange ausdauern, und dafs man zur Aufnahme des Schubes entweder ftarke Wände oder Verankerungen nötig hat, die allerdings unter Umftänden durch eine unter die Balken gelegte Decke gebildet werden können.

Fig. 75.



Stamme & Co. in Hannover.
O. Weflhoff in Chemnitz.
Nafzger & Rau in Hambung-Billwarder a. B.
Ueber Korkplatten fiehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 167, S. 194; 2. Aufl.: Art. 165, S. 173) diefes »Handbuches«.

Ueber eine jetzt etwa 180 Jahre alte, gut erhaltene Ausführung diefer Art in dem 1723 errichteten Haufe »Lippfche Rofe« zu Lippftadt i. W. berichtet *Merkle*[47]):

Ueber einem grofsen Kellerraume find hier quadratifche Eichenbalken von 23 cm Quadratfeite mit Tragweiten von 4,0 m bis 6,2 m in 87 cm bis 75 cm Mittenteilung über Ecke fo gelagert, dafs die eine Eckverbindung des quadratifchen Querfchnittes lotrecht fteht. Die beiden oberen unter 45 Grad geneigten Balkenfeiten dienen den Kappen als Widerlager und tragen 15 cm ftarke Wölbungen aus Vollfteinen mit 20 cm Pfeil. Die Konftruktion ift zwar fehr einfach, nutzt aber die Tragfähigkeit der Balken für die lotrechten Laften nicht voll aus, da das Widerftandsmoment für diefe ftatt $\frac{23^3}{6} = 2028$ nur $\frac{23^4 \cdot 2}{12\sqrt{2} \cdot 12} = 1434$ (auf Centim. bezogen) beträgt, wodurch die erzielte Vermeidung des Balkenverfchnittes zum Teil wieder aufgehoben wird.

Günftiger wird diefe Decke nach Fig. 76 aus Lochfteinen[48]) innerhalb der Balkenhöhe gebildet, da das Gewicht wegen der wegfallenden Auffüllung und der grofsen Hohlräume erheblich abnimmt. Der Kämpfer ift durch geputzte Dreiecksleiften aus Zement auf unten angenagelten Latten gebildet. Der Schub der Bogen wird von der Deckenfchalung aufgenommen.

Fig. 76.

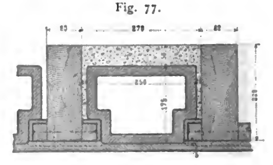
Für Feuerficherheit ift in den Konftruktionen nach Fig. 75 u. 76 nichts gefchehen; es erfcheint nicht folgerichtig, einen fo ftarken und feuerficheren Körper, wie den Steinbogen, auf die unficheren Balken zu fetzen, wenn man diefe nicht durch eines der im Laufe der weiteren Erörterungen zu befchreibenden Mittel ausgiebig gegen Feuer fchützt.

γ) Fachausfüllungen der Gruppe 𝔅, 𝔟.

39. Ausfüllungen aus gebrannten Thonkaften.

In neuerer Zeit treten nach amerikanifchem Vorgange dünnwandige, hartgebrannte, oft porige Thonkaften (Terrakotten) an die Stelle von Vollfteinen, Lochfteinen und Schwemmfteinen, und zwar mit vollem Rechte; denn derartige Körper bilden ganz vorzügliche Fachausfullungen. Ihre Einführung ift wegen der anfänglich hohen Preife langfam vorgefchritten; nachdem fich aber in den letzten Jahren grofse Ziegeleien auf ihre Herftellung eingerichtet haben, find die Preife nicht mehr fo hoch, dafs fie nicht durch die erzielte gröfsere Güte begründet erfchienen. Weitgehende Verwendung derartiger Füllungen kann unbedenklich empfohlen werden.

Fig. 77.



Eine ältere Ausführungsform mit Thonkaften (Terrakotten) diefer Art franzöfifchen Urfprunges von *Laporte* zeigt Fig. 77, welche jedoch wegen der nicht fehr grofsen Abmeffungen der gebrannten Hohlfteine eine eng geteilte Balkenlage aus Bohlenbalken (fiehe Art. 21, S. 39) vorausfetzt. Diefe Anordnung, bei welcher die Unterflächen der Steine zur Aufnahme des Putzes geriffelt, die Balken in gewöhnlicher Weife berohrt oder mit Pliefterplatten benagelt fein müffen, ift in Frankreich vielfach ausgeführt[49]).

---

47) In: Deutfche Bauz. 1900, S. 7.

48) Angeboten als »Excelfior«-Leichtfteine aus Gips, Kalk oder Zement und Kohlenafche, Sägemehl oder Lohe in Abmeffungen von 25 × 12 × 10 cm gegoffen und ungebrannt als leichterer Erfatz für Schwemmfteine von *Fr. Steffens* in Aachen.

49) Hohle Thonkaften (Terrakotten) nach Patent *Laporte* liefert die *Grande Tuilerie de Bourgogne* in Montchanin-les-Mines. — Ueber derartige Decken fiehe: Deutfche Bauz. 1886, S. 202. — *Annales induftrielles* 1885 — II, S. 39. — *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2119. — *Le genie civil*, Bd. 16 (1890), S. 316.

Solche Decken ſind vergleichsweiſe leicht und haben den groſsen Vorzug, trotz der hölzernen Balken wenigſtens von unten faſt vollſtändig vor Feuer geſchützt zu ſein. Die *Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-les-Mines liefert 1qm der hohlen Thonkaſten zu etwa 3 Mark.

Eine ähnliche Anordnung mit Hohlſteinen zeigt auch Fig. 78, nach welcher auch breitere Geſache ausgefüllt werden können. Hier iſt für den Deckenputz beſondere Schalung anzubringen, und der Vorteil des Schutzes gegen Feuer entfällt.

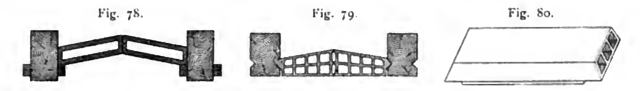


Fig. 78. Fig. 79. Fig. 80.

Andere derartige Kaſtenformen deutſchen Urſprunges zeigen Fig. 79, 80 u. 81. Die weitgeſpannte, durch Innenrippen verſteifte Form in Fig. 79 wurde ſchon 1855 von *Scherrer*[50]) angegeben, iſt aber ihrer Zeit der Schwierigkeit der Herſtellung wegen nicht in erheblichem Maſse verwendet.

Eine zweckmäſsige Form dieſer Art für ziemlich weite Balkenfache iſt nach Fig. 80 ſchon ſeit längerer Zeit nach *Perrière*[51]) in Frankreich üblich, wo die Ziegelei von *Derain & Dinz* bei Chalon-ſur-Saône ſolche Stücke bis zu 70cm Länge und 20cm Fuſsbreite anfertigt; bei Verſuchen im *Conſervatoire des arts et métiers* zu Paris ergaben ſie eine Tragfähigkeit von über 2000kg für 1qm. Die Stücke tragen unter dem Boden einen plattenartigen Anſatz, welcher mit den die Thonkaſten aufnehmenden, an die Balken genagelten Leiſten gleiche Höhe hat, ſo daſs die Unterfläche für Herſtellung eines überall gleich ſtarken Putzes bündig mit der Balkenunterfläche liegt.

Fig. 81.

Ganz ähnliche, noch gröſsere Stücke deutſchen Urſprunges[52]), welche dieſelbe Tragfähigkeit beſitzen, zeigt Fig. 81; dieſe ſind der Quere nach nicht keilig geſtaltet, wie die in Fig. 80 dargeſtellten; auch fehlt ihnen der untere Anſatz, der übrigens auch mehr zur Ausgleichung der Flanſchdicken bei Lagerung auf die Unterflanſche von Eiſenträgern beſtimmt iſt. Gibt man ihm die volle Höhe von Holzleiſten als Dicke, ſo wird der Kaſten erheblich ſchwerer. Derartige Kaſten werden in Mörtel verlegt, und ihre Fugen werden mit Mörtel verſtrichen.

Uebrigens verweiſen wir hier auf die zahlreichen Formen ſolcher Thonkaſten, welche zur Füllung der Fache von Eiſenbalken verwendet werden und ſpäter zur Beſprechung gelangen. Sie ſind faſt alle auch für Holzbalkenfache verwendbar.

Die Vorteile ſolcher dünnwandiger Thonkaſten beſtehen neben den groſsen, die Decke warm, ſchalldicht und leicht machenden Hohlräumen und der Unvergänglichkeit des Stoffes in der Gleichmäſsigkeit und geringen Abmeſſung der Wanddicken; dieſe bedingen bei der Herſtellung das ſtarke Durcharbeiten und Preſſen des Thones und erlauben ſtarkes Brennen, da nicht einzelne Teile früher anfangen zu

[50]) Siehe: Deutſche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

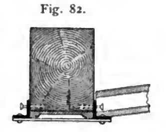
[51]) Schweiz. Bauz., Bd. 5, S. 16. — *Le génie civil* 1885, S. 19.

[52]) Von: *Heinrich Breuning* in Stuttgart; Aktiengeſellſchaft Dampfziegelei Waiblingen; *T. Sponagel*, Induſtriequartier in Zürich.

verfintern als andere. Man wird in den dünnen Wänden alfo in der Regel ein fehr gleichmäfsiges und dichtes Gefüge und hohe Feftigkeit finden, woraus fich die hohe Tragfähigkeit folcher Kaften ergibt. Dafs fie aus gleichen Gründen einen hohen Grad von Feuerficherheit befitzen, braucht nicht befonders betont zu werden.

Die Ausfüllung der Balkenfache mit fchiebenden oder nicht fchiebenden Hohlfteinen oder Thonkaften leidet an den Schwierigkeiten, dafs die Einfchliefsung der Balken durch das Mauerwerk die Gefahr des Faulens erhöht und dafs das Schwinden der Balken die Spannweite der Wölbung ändert, alfo zur Lockerung der Fachausfüllung und zu Riffen Anlafs gibt.

Fig. 82.



Bilgner[53]) in Schwerin gibt zur Vermeidung diefer Mängel die in Fig. 82 dargeftellte Anordnung an. An die Balken werden unten unter Einlegen von Füllringen Winkeleifen nicht dicht fchliefsend angenagelt, welche die Fachausfüllungen aufnehmen; zwifchen diefen und den Balken bleibt eine dünne Luftfchicht. Die beiden an einen Balken genagelten Winkel find quer unter dem Balken hin durch eine Anzahl von Querblechen verfteift, die mit jedem der beiden Winkel vernietet oder verfchraubt werden. Trocknet der Balken nun ein, fo erweitern fich nur die Räume zwifchen Winkeln und Balken; die Weite der Fachausfüllungen bleibt unverändert, weil die Querbleche das Mitgehen der Winkel mit den Balken verhindern; die Nägel ziehen fich dabei etwas aus dem Holze. Die Querbleche unter den Balken können zum Auflegen von Fliefen benutzt werden, die die Balken von unten decken.

Fig. 83.

Fig. 84.

Ein Nachteil diefer Konftruktion ift, dafs das Gewicht der Fachausfüllung allein durch die Biegungsfeftigkeit der aus den Balken vorragenden Nägel getragen werden mufs; man wird deshalb einer folchen Decke keine hohe Belaftung zumuten dürfen. Diefer Mangel könnte aber vermieden werden, indem man zur Stützung der Fachausfüllungen ftatt der L-Eifen ˥-Eifen verwendete und die oberen Flanfche der letzteren in einer entfprechenden Nut des Balkens gleiten liefse, womit dann zu-

53) Siehe: Centralbl. f. Bauverw. 1897, S. 528.

gleich auch der Zwifchenraum zwifchen Eifen und Balken nach oben hin gegen Durchfallen von Sand und dergleichen abgefchloffen wäre.

Es liegt auf der Hand, dafs fich diefe Konftruktion nicht blofs für das Auswölben von Fachen zwifchen Holzbalken und Ausfüllung mit Thonkaften eignet, dafs man vielmehr auch alle weiter unten zu befprechenden, plattenartigen Fachausfüllungen in folcher Weife lagern kann.

Die Keilfteindecke von *Kapferer*[54]) in Biebrich a. Rh. zwifchen Holzbalken geht darauf aus, eine Fachausfüllung aus Hohlftücken zu erzielen, die thunlichft für alle Fachweiten ohne weiteres pafst und fich zwifchen den Balken verfpannt, ohne einen erheblichen Schub gegen letztere zu äufsern. Sie wird aus Hohlftücken in keiliger und dübelförmiger Geftalt nach Fig. 83 gebildet, welche aus gebranntem

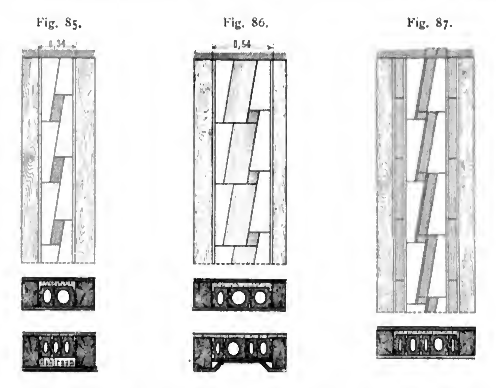


Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.

Thon, hart oder löcherig, aus Zementmörteln, aus Tufffteinfchwemmmaffe oder fonftigem Kunftftein hergeftellt find. In die obere und untere Decke der Stücke werden, wenn fie nicht aus gebrannter Maffe beftehen, Kokosfafern eingelegt, um Fufsboden- und Deckenteile unmittelbar nageln zu können, was bekanntlich auch bei löcherig gebranntem Thone möglich ift.

Fig. 83 zeigt die gewöhnlichen Grundmafse der Keil- und Dübelftücke, die übrigens auch, von 5 zu 5 cm fteigend, in anderen Mafsen ausgeführt werden. Dafs man übrigens fchon mit den Regelftücken fehr verfchiedene Fachweiten füllen kann, zeigen Fig. 84, 85 u. 87, die alle nur regelmäfsige Stücke enthalten. Fig. 86 enthält Regelftücke doppelter Breite und deckt damit eine grofse Zahl von Zwifchenftufen der Fachweite. Auch fchiefe trapezförmige Felder laffen fich mit den beiden Arten der Stücke unter geringem Verfchneiden der Dübelftücke leicht und dicht füllen, indem man am breiteren Ende beginnt. Die Hohlftücke find mit 20 cm Höhe etwas niedriger als die Balken.

Dafs der überbleibende Raum nach oben wie nach unten gebracht werden

54) Siehe: Zeitfchr. f. Bauhdwk. 1897, S. 187; 1898, S. 46 (D. R.-P. 91360).

kann, indem man die Lagerleiften in entfprechender Höhe an die Balken nagelt, zeigen Fig. 84, 85 u. 86. Fig. 87 läfst erkennen, dafs man mittels Ergänzung des unteren Bodens der Keil- oder der Dübel-, kurz derjenigen Stücke, die unmittelbar neben die Balken zu liegen kommen, auch einen feuerficheren Schutz der Balken nach unten erzielen kann. Der Vergleich von Fig. 86 u. 87 lehrt, dafs jede Fachweite, die in der Mitte zu breite Dübelftücke ergeben würde, mit fchmaleren Dübeln gedeckt werden kann, wenn man diefe ftatt der Keilftücke unmittelbar neben die Balken legt.

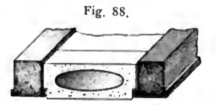
Das Verlegen erfolgt zwifchen Holzbalken am beften ganz trocken, ohne Mörtel, damit gar kein Waffer in die Decke kommt. Dichtigkeit wird dann durch entfprechende Füllung erzielt, die nicht durchriefeln kann, weil die breiten Verfalzungen den Schlufs überall, felbft beim Eintrocknen der Balken, noch aufrecht erhalten. Den Deckenputz kann man hier, wie bei allen Steinflächen, unmittelbar unterbringen, namentlich, wenn die Hohlftücke die Balken nach Fig. 84 untergreifen. Bei entfprechender Wahl des Stoffes für die Hohlftücke kann man jedoch auch Putzträger wie unter Holzfchalung unternageln, was fich namentlich empfehlen wird, wenn die Holzbalken unten nicht von den Steinen gedeckt find.

Bei einiger Vorficht können gewöhnliche Holzbalkenfache ohne ftützende Rüftung mit diefen Hohlftücken gefüllt werden.

Das Gewicht der fertigen Fachausfüllung beträgt etwa 100 kg für 1 qm, der Preis zur Zeit 2,50 Mark für 1 qm.

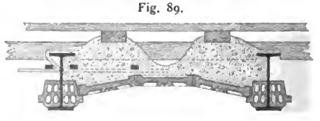
Die Decke von *Heifter*[55]) mit Keilverfpannung verwendet hohle Formftücke, welche aus einem Brei von Gips und zerkleinerter Schlacke in Formen 50 cm lang, 26 cm hoch und in von 3 zu 3 cm fteigenden Breiten den zu deckenden Balkenfachen entfprechend gegoffen und dann trocken auf Leiften an den Balken verlegt werden; in den Seitenflanken der Formftücke befinden fich diefen Leiften entfprechende Nuten. Die Flanken der Stücke find fo geneigt, dafs fie oben fchmaler find als unten; die fo entftehende keilige Fuge an den Balken wird benutzt, um die Fachausfüllung durch Eintreiben von Keilen zwifchen den Balken zu verfpannen.

Fig. 88.



Frohnecke[56]) verwendet die in Fig. 88 dargeftellten Hohlformen aus Zementbeton, Gips, gebranntem Thon mit anderweiten, erleichternden Zufatzftoffen in Breiten von 5 bis 25 cm und Längen, welche die gewöhnlichen Balkenfache decken, um fie ohne Fugen, dicht aneinander auf unten an die Balken genagelte Latten zu reihen.

Fig. 89.



40. Ausfullungen mit Thonplatten.

Eine andere Form der Verwendung gebrannten Thones bilden **Thonplatten**, deren Geftalt der von Ziegeln nahe kommt und die unten mit Verzierungen und Glafur verfehen fein können[57]). Auch gewölbeartige Fachausfüllungen können aus folchen Platten gebildet werden. Fig. 89 zeigt folche zwifchen Eifenbalken; doch ift das Einfetzen zwifchen Holzbalken ebenfo möglich.

[55]) D. R.-P. 66355. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1895, S. 432.

[56]) D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

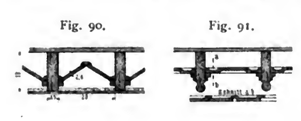
[57]) Siehe: *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Ein befonderer Schutz der Balken gegen Feuer erfcheint hier nicht erforderlich, weil die in Gips verfetzten und mit Gips überdeckten Platten doch keine feuerfichere Decke ergeben, da der Gips bei mäfsiger Hitze fchon zerfällt.

Hierher gehört auch die gleichfalls aus Frankreich und Belgien ftammende Ausfüllung mit den Dachziegeln ähnlichen Thonfliefen, wie fie in zwei Ausbildungen in Fig. 90 u. 91 dargeftellt find.

Fig. 90 zeigt eine Zwifchendecke aus zwei Reihen mit Gips verftrichener, gegeneinander gelehnter Thonfliefen, unter der dann eine der Dichtigkeit wegen mit Gips überfüllte Deckenfchalung zu befonderer Ausbildung der Decke angebracht ift. In Fig. 91 bleiben die Balken unten fichtbar und find daher verziert; die hier wagrecht aufgelegten, vertieften Thonfliefen find unten glafiert, gegen die Balken mit Gips verftrichen und geeignet, zur Erhöhung der bei der dargeftellten Konftruktion nur geringen Dichtigkeit eine Lage Füllftoff aufzunehmen. Diefe Decken find aufserordentlich leicht, aber auch wenig dicht.

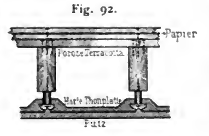
Fig. 90. Fig. 91.



Solche Decken ermangeln der Feuerficherheit gänzlich, und in Fig. 91 wirkt auch die aus fchmalen, vertieften Feldern gebildete Unteranficht nicht fehr günftig.

Aus Nordamerika ift unter den Fachausfüllungen aus gebranntem Thon ein dort in ausgedehntem Mafse verwendeter, eine gängige Handelsware bildender, eigenartiger Bauftoff von fehr hoher Feuerbeftändigkeit anzuführen, welcher, auf die Balken genagelt, diefe von oben vor dem Feuer völlig fchützt und bei fehr geringem Gewichte als Erfatz der Fachausfüllungen fehr leichte Deckenkonftruktionen liefert. Dies ift ein mit Sägemehl gemengter, gebrannter, daher in fertigem Zuftande ftark poriger Thon, welcher, wenn aus fandigem Thone angefertigt, *porous terracotta*, aus fandfreiem Thon hergeftellt, *terracotta lumber* [58]) genannt wird.

Fig. 92.



Diefe porigen Thonplatten befitzen grofse Dichtigkeit gegen Wärme und Schall, find erheblich ficherer gegen Feuer als dichter Backftein, haben ziemlich hohe Tragfähigkeit und fchliefslich die fchätzbare Eigenfchaft, fich wie Holzplatten nageln zu laffen. Diefe Platten werden auf eng geteilten, fchmalen Bohlenbalken verlegt (Fig. 92) und genagelt, in den ftumpfen Fugen mit Zement gedichtet und vom Fufsboden unmittelbar überdeckt, welcher durch die Thonplatten genagelt wird. Die Eigenfchaften diefer billig herzuftellenden Platten find in jeder Beziehung höchft fchätzbare, und der Verfuch, fie auch bei uns einzuführen, würde vorausfichtlich erfolgreich fein.

δ) Fachausfüllungen der Gruppe B. c.

Von Fachausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement, Beton und anderen Mörtelarten mit verfchiedenen Beimengungen ift im Laufe der letzten Jahre eine ganze Reihe entftanden, die fämtlich gute Konftruktionen liefern. 41. Ausfüllungen mit künftlichen Tafeln

Der Hauptzweck derartig vorbereiteter Konftruktionsteile befteht im Einbringen nur ganz trockener Stoffe in den Bau, damit die Decken nicht fo langer Zeit zum

58) Siehe: *American engineer* 1887, S. 230. — Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264. (2 bis 3 Teile Thon werden mit 1 Raumteil Sägemehl gemengt.)

Trocknen bedürfen, wie die älteren, und die Balken bei mangelhafter Austrocknung nicht gefährdet werden.

42. *Mack's* Gipsdielen. Eine ausgezeichnete Fachausfullung diefer Art ergeben die *Mack*'fchen Gipsdielen [59]). Die Decke nach Fig. 94 koftet, mit Gipsdielen (ftatt der in die Abbildung eingetragenen, weiter unten zu befprechenden Spreutafeln) ausgeftattet, etwa 13,50 Mark für 1 qm [60]). Die Dielen werden auf Wellerleiften verlegt und in den Fugen mit Gips verftrichen. Liegen fie oben bündig, fo kann man hölzerne Fufsbodenteile unmittelbar auf fie auffchrauben; unten mit den Balken bündig liegende Gipsdielen können unmittelbar den Deckenputz aufnehmen, wenn man die Balkenunterflächen vorher berohrt hat. Die Tragfähigkeit genügt felbft für grofse Weiten der Balkenfache. Derlei Decken find fehr leicht, dicht und warm, zwar wegen des Zerfallens des Gipfes in der Hitze nicht feuerficher, doch aber ziemlich widerftandsfähig gegen Feuer, weil auch der zerfallene Gips die zähen Beimengungen noch leidlich fchützt und einigen Zufammenhalt wahrt [61]).

43. *Katz's* Spreutafeln. Nahe verwandt den Gipsdielen find die Spreutafeln von *Katz* [62]). Die Bearbeitung mit Säge und Meffer ift wie bei Holz möglich; auch haften Holzfchrauben vollkommen in der Maffe. Eine Seite der Tafeln wird rauh geformt, damit fie Deckenputz unmittelbar aufnehmen können.

Wie Fig. 93 u. 94 zeigen, erfolgt die Deckenausbildung nach Art der halben Windelböden oder Einfchubdecken durch Auflagern der Spreutafeln auf Wellerleiften mit oder ohne Füllung, je nachdem die Art des aufzulegenden Fufsbodens es erfordert. Die Konftruktion nach Art des ganzen Windelbodens (Fig. 95), bei der kein Platz für Wellerleiften vorhanden ift, wird ermöglicht, indem man verzinkte Drähte, entweder winkelrecht zu den Balken d_1 oder im Zickzackmufter d_2, in etwa 10 cm Abftand, ftraff unter die Balken nagelt. Die Zickzackführung hat den Zweck, die Drähte nachträglich recht ftraff fpannen zu können. Auf diefes Drahtnetz werden die Spreutafeln *s* lofe aufgelegt. Die Fugen zwifchen den Tafeln und an den Balken werden auch hier mit Gips verftrichen, fo dafs jedes Durchriefeln der Füllung ausgefchloffen ift. Auch diefe Deckenkonftruktion ift leicht, dicht und warm, jedoch nur wenig feuerbeftändig.

Fig. 93.

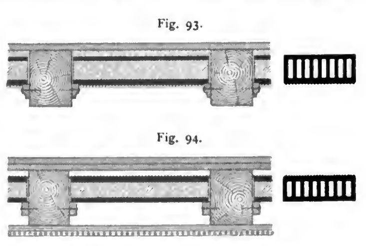


Fig. 94.

Bei Belaftungsverfuchen mit gleichförmig verteilter Laft zeigten fich bei 80 cm Balkenentfernung auf den Konftruktionen in Fig. 95 u. 96 die erften feinen Riffe im unteren Deckenputze bei 670 kg für 1 qm; erft bei 1000 kg für 1 qm erreichten fie beträchtliche Gröfse [63]).

[59]) Siehe über diefelben Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 171, S. 196; 2. Aufl.: Art. 169, S. 175 diefes »Handbuches« — ferner: Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 456.

[60]) Siehe: Deutfche Bauz. 1890, S. 7.

[61]) Gleiche Dielen werden auch von *A. Gebhardt* in Koblenz (Kanton Aargau) hergeftellt; auch von der Aktien-Gefellfchaft für Beton- und Monierbau in Berlin und von *W. Luders* in Weifsenthurm a. Rh.

[62]) Siehe über diefelben Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 172, S. 196; 2. Aufl.: Art. 170, S. 175) diefes »Handbuches«.

[63]) Die Druckfeftigkeit der Spreutafeln beträgt 18,3 kg für 1 qcm des vollen Querfchnittes.

Nach den jetzt abgelaufenen Patenten *Rabitz* und *Monier* werden maffive Tafeln aus Zementmörtel, verlängertem Zementmörtel oder auch feinem Beton geftampft, in deren Zugfpannungen ausgefetzte Seite Drahteinlagen nahe der Aufsenfläche eingeftampft werden, fo dafs die Platten ein ganz erhebliches Mafs von Tragfähigkeit erhalten. Art und Verwendung der Drahteinlagen werden fpäter noch befonders erörtert. Die Stärke beträgt mindeftens 4 cm und je nach der verlangten Tragfähigkeit mehr. 44. *Rabitz-* und *Monier*-Platten.

Derartige Platten kann man, z. B. als Unterlage für Linoleum, oben auf die Balken nageln, auf Einfchubleiften zwifchen die Balken legen und fchliefslich auch

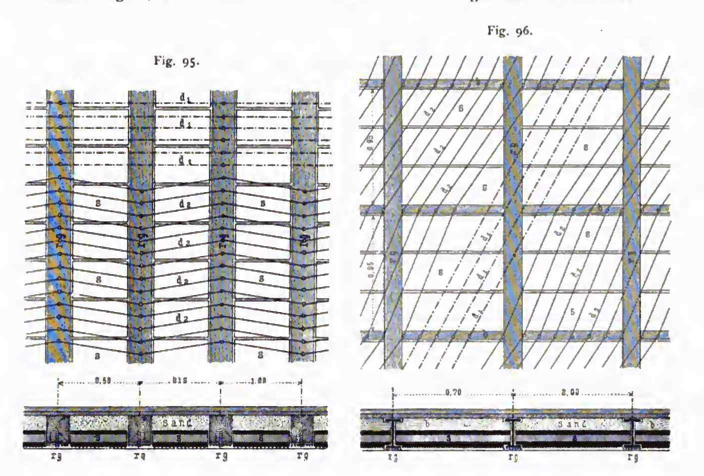


Fig. 95.

Fig. 96.

unter die Balken fchrauben. Ihre Abmeffungen können erhebliche fein, fo dafs man nur wenige Fugen mit Zement zu dichten hat. Bei den vielen Möglichkeiten der Höhenlage ift Füllung nach Bedarf einzubringen. Da diefe fehr dichten Platten den Schall gut übertragen, fo ift es ratfam, zur Schalldämpfung in folchen Decken Hohlräume vorzufehen.

Laufen die Tafeln über mehrere Balkenfache hin, fo ift die Zugfeite über den Balken die obere, in den Fachmitten die untere. Die Drahteinlage wird dann in gefchlängelter Form fo eingelegt, dafs fie über den Balken oben, in den Fachmitten unten liegt. Ausführlicher werden derartige Decken noch bei den eifernen Balkenlagen behandelt.

Verfieht man eine hölzerne Balkenlage oben und unten mit folchen Tafeln, fo entfteht ein Grad von Feuerficherheit, der nur bei fehr lange anhaltenden heftigen Feuersbrünften verfagt.

Behufs Aufnahme von Deckenputz wird die Unterfeite der Platten aufgerauht.

Um derartige Mörtelplatten dicker und tragfähiger zu machen, ohne ihr Gewicht zu vermehren, verſieht man ſie mit Hohlräumen.

45. *Stolte's* Stegzementdielen.

Hierher gehören die *Stolte*'ſchen Stegzementdielen[64]), welche zwiſchen Holzbalken nach Fig. 97 bis 101 verwendet werden; eingehender wird ihre Herſtellung und Art bei den eiſernen Balkenlagen beſchrieben; hier ſei nur betont, daſs ihre Tragfähigkeit durch Bandeiſeneinlagen weſentlich erhöht iſt.

Fig. 97 zeigt das Einlegen der Stegzementdielen zwiſchen die oberen Balkenteile unter einem Holzfuſsboden; nach Fig. 98 ſind die etwas tiefer liegenden Stegzementdielen erſt mit einem Betonlager bedeckt, welches dann einen Linoleumbelag

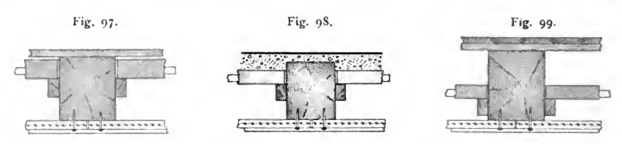


Fig. 97. Fig. 98. Fig. 99.

trägt. In Fig. 99 ſind die Zementdielen unter einem Blindboden mit Parkett weiter nach unten gerückt. Fig. 100 zeigt ſie in derſelben Lage, von kleinen Winkeleiſen ſtatt der Einſchubleiſten der zuletzt angeführten Konſtruktion getragen, damit der Deckenputz in die vertieften Felder eingebracht werden kann und vorſtehende Balken entſtehen. In Fig. 101 ſchlieſslich bilden zwei Lagen von Stegzementdielen eine Doppeldecke; die obere liegt bündig mit der Balkenoberkante und trägt einen dünnen Eſtrich mit Linoleum; die untere iſt mittels angeſchraubter Winkel unten bündig gelegt, um ebenen Deckenputz aufzunehmen. Eine mit Luftraum unter den Balken genagelte Blechplatte ſoll dem Feuer den Angriff von unten erſchweren. Die Fugen werden auch hier mit Gips oder beſſer mit Zementmörtel gedichtet.

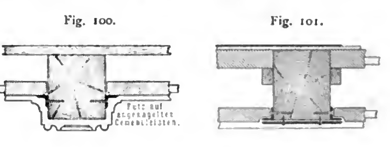


Fig. 100. Fig. 101.

Alle Formen der Holzbalkendecke einſchlieſslich der doppelten mit Blindbalken ſind mittels Erſatz des Einſchubes oder der Wellerung durch Zementbretter[65]) in durchaus befriedigender Weiſe auszubilden. Irgend welche Aenderung der bekannten Konſtruktion tritt dadurch nicht ein; die Decken gewinnen aber an Trockenheit, Dichtigkeit und Feuerſicherheit in jeder Beziehung.

ε) Fachausfüllungen der Gruppe 𝔅, 𝔟.

46. Ausfüllungen mit im Bau eingeſtampften Platten.

Füllungen aus erſt im Bau eingeſtampften Platten aus Mörtel mit und ohne Einlagen kommen in neuerer Zeit auch für Holzbalken zur Anwendung, wenn

---

[64]) Geliefert von der Zementbau-Aktiengeſellſchaft in Hannover; von der Deutſchen Zementbau-Geſellſchaft in Berlin D. R.-P. 71351, 87014, 91654; D. R.G.M — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz. Bd. 30 (1897), S 144. — Zeitſchr. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Oeſterr. Monatſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455.

[65]) Erzeugt von *J. Wygaſch* in Beuthen. — Siehe auch: HAARMANN's Zeitſchr. für Bauhdwk. 1897, S. 264. — *O. Hoffer* in Breslau. Verlag von J. MAX (M. TIETZE).

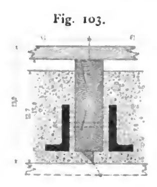
auch ihr hauptfächliches Verwendungsgebiet die eifernen Balkenlagen bilden. Bei letzteren follen denn auch ihre Anordnung und Herftellungsweife eingehender erörtert werden; hier führen wir nur die Formen und Verfahren an, welche in Verbindung mit Holzbalken vorkommen.

47. *Rabitz*- und *Monier*-Platten. Zunächft zeigt Fig. 102 eine ältere Verwendung der um eine Drahtnetzeinlage eingeftampften Mörtelplatten nach *Rabitz* und *Monier*[66]). Die obere dient als Fufsboden, etwa für Linoleumbelag, die untere, nach Bedarf mit Drähten an den Balken nochmals aufgehängte, die Decke im engeren Sinne; letztere ift auf einer unter die Balken gefchraubten Schalung zuerft hergeftellt, indem zunächft das Drahtnetz gefpannt wurde. Das linke Fach zeigt eine Torfgrufsfüllung unmittelbar auf der unteren Platte, rechts ift eine gewöhnliche Einfchubdecke mit Füllung zwifchen die Balken gebracht.

Die Befeftigung der Drahteinlagen an den Balken erfolgt durch feitlich angenagelte Blechhafter. Die vorläufige Einfchalung der Decke ruht auf Latten, die mit

Fig. 102.

Fig. 103.



Handgrifffchrauben unter den Balken befeftigt find; nach Fertigftellung wird die Schalung durch Löfen der Schrauben befeitigt; die kleinen Löcher der Schrauben werden beim Abreiben der Deckenfläche verftrichen.

Auch hier ift für die Balken ein fehr hoher Grad von Feuerfchutz erreicht, namentlich wenn man die untere Platte, wie in Fig. 102, in einigem Abftande von den Balken anbringt. Selbft die an fich feuergefährliche Torfgrufsfüllung erfcheint fo genügend gefchützt.

48. Ausfüllungen nach *Furnefs*. Aus Beton in gröfserer Stärke eingeftampfte Ausfüllungen nach *Furnefs*[67]) in Philadelphia, ausgeführt in den Gebäuden der Pennfylvania-Univerfität, zeigt Fig. 103.

Gleichzeitig zur Verftärkung der 5,20 m weit freitragenden Balken und um ein Auflager für den Beton zu fchaffen, wurden beiderfeits ungleichfchenkelige Winkeleifen mit 8 mm dicken Bolzen in 61 cm Teilung an die Balken gebolzt und damit der Beton in ähnlicher Weife unabhängig vom Schwinden des Holzes gemacht, wie es für Thonkaftenfüllungen zu Fig. 82 nach *Bilgner* bereits in Art. 39, S. 54 befchrieben ift. Die Winkeleifen find in der Mitte um 7,6 cm nach oben durchgebogen und werden durch 10 mm dicke, auf die Bolzen gefteckte Ringe fo weit von den Balken ferngehalten, dafs noch eine Zementfchicht behufs vollftändiger Einhüllung der Bohlenbalken zwifchen beide eingebracht werden kann. Unten find Dreiecks-

[66]) Abgelaufene Patente (D. R.-P. 3789 und 14673). — Die Anordnungen wurden trotz in allen Teilen wefentlich gleicher Anordnung beide patentiert. Nach langem Streite fcheinen die Inhaber einen Vergleich etwa dahin gefchloffen zu haben, dafs *Rabitz* feine Platten wirklich erft im Bau herftellte, und zwar unter Verwendung richtiger Drahtnetze und gemifchter Mörtelarten, während *Monier* die Tafeln vorher fertig ftellte, einfache Drahtgewebe einlegte und reinen Zementmörtel verwendete. Thatfächlich haben beide Patente nebeneinander beftanden und fcheinen, wenn auch die Streitigkeiten mit dem Erlöfchen aufgehört haben, den Ausgangspunkt einer weniger auf das Wefen als auf nebenfächliche, aufsere Merkmale von Baukonftruktionen eingehenden Auffaffungsweife des Patentamtes gebildet zu haben. Wenigftens finden fich fernerhin öfter nur äufserlich, nicht wefentlich verfchiedene Baupatente, fo dafs man fich bei ihrer Beurteilung nicht mehr auf den Standpunkt der Erforfchung ihres Wefens ftellen kann, fondern gezwungen ift, fich Verfchiedenheiten aus oft unbedeutenden, rein äufserlichen Veränderungen abzuleiten. Wir werden fpater auf diefe Sachlage wieder hinweifen

[67]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 368.

leisten unter die Balken genagelt, an denen eine Einschalung bloss zum Einstampfen des Betons, wenn man diesen unmittelbar abputzen will, sonst als Deckenschalung befestigt wird. So wird eine fast vollkommene Einhüllung der Balken auch von unten her möglich. Da nun nach den neueren Erfahrungen[68]) eine Feuersgefahr für die Decken überhaupt beinahe ausschliesslich von unten her vorliegt und ein hölzerner Fussboden von oben her selbst bei starker Feuersbrunst nur wenig angegriffen wird, so ist durch diese Anordnung in der That ein hohes Mass von Feuersicherheit erreicht.

Die von *Furness* im Universitätsgebäude zu Philadelphia ausgeführten Abmessungen sind in Fig. 103 angegeben. Der Beton wurde aus 1 Teil Portlandzement, 3 Teilen Sand und 8 Teilen Steinschlag gemischt. Die Decke, in der die Betonstärke sehr reichlich bemessen erscheint, kostete in der angegebenen Ausbildung 16,4 Mark für 1 qm Grundfläche bei den hohen amerikanischen Preisen. Bei Belastungsversuchen wurde mit einer Last von 735 kg auf 1 qm noch keine bleibende Wirkung an einem der Teile dieser Decke erzielt.

49. Feuerbeständigkeit hölzerner Fussboden.

Ueber den Grad der Feuerbeständigkeit von hölzernen Fussböden bei geringer Zufuhr von Sauerstoff hat das Stadtbauamt von New York Versuche mit verschiedenen Zusammensetzungen folgender Art angestellt[69]):

α) Tafel 1219 mm Quadratseite aus zwei Lagen von 22 mm starken, gespundeten *Yellow-pine*-Dielen mit einer Lage Asbestfilz dazwischen;

β) ebensolche Tafel, aber mit 1,5 mm Zwischenlage von *Merrill's* Patent-Salamanderzement[70]).

γ) Tafel aus 22 mm Tannenholz unten, 22 mm *Yellow-pine* oben und zwei Zwischenlagen von Salamanderzement, 3 mm dick;

δ) Tafel mit Holz wie γ, aber 6 mm Salamanderzement als Zwischenlage;

ε) Tafel aus 51 mm starken, gespundeten Tannendielen unten und 22 mm *Yellow-pine*-Dielen oben ohne Zwischenlage;

ζ) Tafel wie ε, aber mit 1,5 mm Zwischenlage von Salamanderzement.

Der Ofen wurde aus einem 2743 mm langen, 762 mm tiefen, oben 1524 mm, unten 914 mm breiten Eisenblechtroge gebildet, der überall mit einer 228 mm dicken Lage von feuerfesten Steinen ausgesetzt war und an beiden Enden die Vorrichtungen zur Feuerung mit zerstäubten Oelrückständen unter 3,5 Atmosphären Dampfdruck trug. Die zu prüfende Holztafel wurde mitten auf den Trog gelegt; die Enden wurden mit Wellblech abgedeckt und alle Fugen gut mit Sand gedichtet.

Die wichtigsten Ergebnisse der Versuche sind in die nachfolgende Zusammenstellung eingetragen:

Probe Nr.	Zeit bis 816 Grad C. erreicht wurden	Höchste Wärme	Erscheinen des ersten Rauches nach	Auftreten grösserer Risse in der Oberfläche nach	Erscheinen der ersten Flammen nach	Ausgedehnter Brand nach
α	10	850	18	27	29	29
β	19	903	27	28	40	40
γ	22	918	35	35	56	56
δ	15	816	36 1/2	36 1/2	43 1/2	46 1/2
ε	15	816	63 1/2	—	67 1/2	—
ζ	15	816	62	—	95	100
	Minuten	Grad C.	Minuten			

Der Vergleich von α mit β zeigt, dass sich der Salamanderzement im ganzen als widerstandsfähiger zeigte, als die Asbestlage. Der vergleichsweise geringe Erfolg der Probe δ mit starker Zementeinlage erklärt sich aus der Verwendung recht mangelhafter Dielen für die untere tannene Lage, in denen sich Risse und Astlöcher befanden. Probe ε zeigt, dass die stärkere untere Lage auch ohne Zwischenlage die Dauer wesentlich erhöht, und bei den Proben ε und ζ wurde gemeinsam beobachtet, dass sich die ersten Risse und Rauch an der oberen Lage immer mitten in den Dielen, d. h. über den Fugen der unteren Lage zeigten. Beim Aufnehmen der Tafel zeigte sich starkes Abbrennen der unteren Lage im ganzen, namentlich aber ein Klaffen und Ausbrennen aller Fugen um 25 mm bis 40 mm, woraus sich die Beobachtungen an der

[68]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

[69]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

[70]) Erzeugt von der *American fireproofing Co.* in Boston

oberen Lage, die sonst fast unverletzt und kaum gebräunt war, erklären. Hieraus ist zu schliessen, dass die Feuerbeständigkeit einer Doppeldielung erheblich gesteigert werden kann, wenn man die Fugen der dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Lage mit einer besonderen Sicherung versieht.

Die Konstruktion empfiehlt sich, wie die in Fig. 92 u. 102 dargestellte, an solchen Stellen zur Nachahmung, wo man trotz hölzerner Balken Feuersicherheit

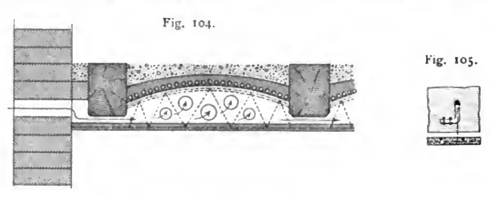
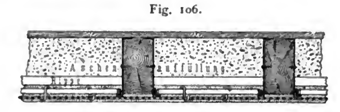


Fig. 104. Fig. 105.

verlangt, und zwar ist die Decke nach *Furness* (Fig. 103) leichter herzustellen, weil sie keinen aussergewöhnlichen Baustoff verlangt, wie die Decken in Fig. 92 u. 102.

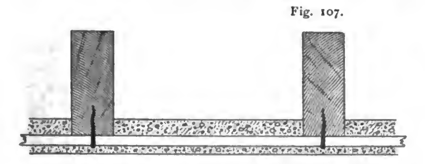
Weyhe in Bremen bringt seine später bei den Fachausfüllungen eiserner Balken zu besprechende »Hanfadecke« (Fig. 104 u. 105 [71]) auch zwischen Holzbalken, indem er die umgebogenen Enden der Rundeisenbügel wagrecht an die Balken legt (Fig. 105) und sie mit Klammern an denselben befestigt. Fig. 104 zeigt zugleich, wie man die Hohlräume dieser Decke lüften kann. Eine sehr hohe Tragfähigkeit erzielt diese in sich sehr kräftige Fachausfüllung deshalb nicht, weil die Verbindung mit den Balken ausser dem unerheblichen Haften des Betons am Holze bloss auf der Festigkeit der Haftklammern der Bügel beruht. Die Last wird also im wesentlichen von einem auf den Balken ruhenden Fussboden getragen werden müssen. 50. *Weyhe's* Hanfadecke.

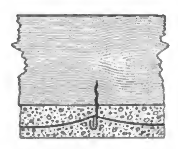
Fig. 106.



Das Einfügen einer Betonrippendecke mit Bandeiseneinlagen von *Möbers & Co.* in Düsseldorf zwischen Holzbalken veranschaulicht Fig. 106. Bezüglich der Einzelheiten wird auf die spätere Behandlung der gleichen Decke für Eisenbalken verwiesen. 51. Rippendecke von *Möbers & Co.*

Fig. 107.





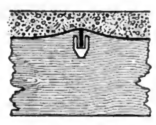
Einen Versuch, die vergleichsweise teuren Eiseneinlagen durch billigeren Stoff so zu ersetzen, dass der frische Mörtel gleich Halt findet und der Deckenputz genügend haftet, macht *Jansen* in Duisburg mit seiner »Framdecke« [72]), indem er 52. Framdecke von *Jansen.*

71) Siehe: HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 147. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

72) Siehe ebendas., S. 188.

Juteleinen als Einlage benutzt, die über 1 bis 2 mm dicke, 10 bis 30 mm hohe Bandeifen oder, bei Fachweiten von mehr als 1 m, über fchwache I-Eifen gefpannt wird. Wie die Verbindung mit den Holzbalken gedacht ift, zeigen Fig. 107 u. 108 für zwei einfache Fälle, für eine unten glatte und eine Decke mit vertieften Balkenfachen.

Fig. 108.



Die Bandeifen werden zuerft mit befonderen Hakennägeln an die Balken gefchlagen; darüber wird das Juteleinen ftraff ausgeftreckt; dann wird die obere Mörtelfchicht eingebracht, fo dafs die aus dem Durchhängen der Jute entftehenden Unebenheiten beim Einbringen der unteren Lage von felbft ausgeglichen werden. Das Juteleinen ift in 1 m Breite im Handel zu haben.

Die Decke hat offenbar erhebliche Mängel: ihre Tragfähigkeit beruht im wefentlichen auf der fchwachen Verbindung der Bandeifen mit den Balken, da die an fich kräftige und zähe Mörtelplatte keine Auflager auf den Balken erhält und das Schwinden der letzteren von erheblichem Einfluffe fein mufs.

Bei Holzbalken foll ein Mörtel aus 1 Teil Gips oder Zement mit 6 bis 10 Teilen Sand, Afche oder dergleichen verwendet werden.

53. *Lilienthal's* Terraftdecke. Unter dem Namen »Terraft« führt die Terraftbaugefellfchaft in Berlin eine von *G. Lilienthal*[73]) angegebene Zementdecke aus, die fich gut zur Ausfüllung der Fache von Holzbalken eignet.

Auf die Holzbalken (Fig. 109 u. 110) wird zunächft ein fchwaches Drahtnetz je nach der Fachbreite mit 8 bis 12 cm Durchhang genagelt und mit einer Lage

Fig. 109.

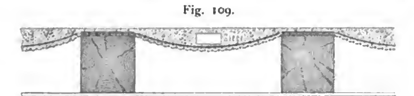


Fig. 110.



dünnen, zähen Papieres bedeckt, fo dafs nun eine dünne Lage von Beton eingebracht werden kann, welche das feuchte Papier in die Netzmafchen drückt, fo dafs die Netzdrähte unverfchieblich in Unterflächenfurchen des Betons eingelagert find. Nun wird ein zweites Drahtnetz mit etwas weniger Durchhang auf die Balken genagelt und, damit es fchlicht auf der Betonfchicht liegt, bei breiteren Fachen in der Mitte mit einer Reihe von Ziegeln belaftet. Weiter wird nun je ein Dachpappenftreifen als Decke über jeden Balken gelegt und fchliefslich das Ganze bis 3 cm über dem Pappftreifen mit Beton entfprechender Mifchung, auch wohl mit Gips, ausgeftampft. Einrüftung der Fache ift nicht erforderlich. Die Balken bleiben gut gelüftet. Bei einer Probebelaftung mit gleichförmig verteilter Laft in der mechanifch-technifchen Verfuchsanftalt zu Charlottenburg trug eine folche Decke von 83 cm Balkenmittenteilung und 70 cm Lichtabftand bei etwa 12 cm Durchhang des unteren Netzes 4350 kg für 1 qm bis zum Auftreten der erften Riffe, und 5600 kg für 1 qm, bis erhebliche Brüche über den Balken eintraten.

---

73) D. R.-P. 100194. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 193.

Bei einer etwas veränderten Ausführungsweise wird das Papier ohne stützendes Drahtnetz unmittelbar auf den Balken befestigt; dann wird das erste Drahtnetz über das Papier gebracht und angenagelt. Wird nun eine Lage Mörtel eingebracht, so drückt diese das Papier nach unten, so dass schon das erste Netz in den Mörtel gebettet wird. Nun folgt das zweite Netz, das Auflegen der Pappstreifen und das Vollstampfen. Auch diese Konstruktion hat sich bewährt; Reissen des Papieres ist auch bei ihr nicht vorgekommen, und die Netzeinlagen werden besser ausgenutzt, so dass die zweite auch wohl in Wegfall kommen kann.

6) Wandanschluss der Fachausfüllung.

Bei allen Ausfüllungen der Balkenfache ist ein dichter Anschluss an die Wände sehr wichtig und bedarf besonderer Aufmerksamkeit. Ist dieser Wandanschluss nicht gut, so rieselt die Füllung durch die an den Wänden besonders leicht entstehenden Risse des Deckenputzes, so dass in den darunterliegenden Räumen ein fortwährender Sandregen an den Wänden entsteht. Auch für Schall und Wärme bilden diese Wandfugen günstige Durchgangsöffnungen. 54. Wandanschluss.

An denjenigen Wänden, in welche die Balkenköpfe eingelagert sind, ergibt sich die Abdichtung von selbst, wenn man nur dafür sorgt, dass die Wandenden der Fachausfüllung fest gegen die Wand gekeilt oder gestampft werden und dass z. B. die Fugen zwischen Thonplatten, fertigen Mörteltafeln und der Wand guten Verstrich erhalten; hier ist die Abdichtung gegen die Wand nicht schwieriger als in der Fachausfüllung selbst.

Besondere Vorsicht verlangen aber die Anschlüsse an diejenigen Wände, an denen Streichbalken (*9* u. *16* in Fig. 41, S. 35) oder Streichwechsel (*13* in Fig. 41) hinstreichen. Legt man diese stumpf gegen die Wand, so bleibt stets wegen der Unebenheit beider Teile eine offene Fuge, welche gewöhnlich zu eng ist, um sicher geschlossen werden zu können, und welche sich später infolge Eintrocknens des Balkens noch erweitert. Man lege daher hier nach Fig. 7 (S. 7) den an der Aussenseite schräg abgeschnittenen Streichbalken etwa 4 cm von der Wand ab, schlage den Zwischenraum mit roh keilförmig behauenen Backsteinen oder Holzleisten aus, welche auch nach dem Eintrocknen des Balkens infolge des anfänglichen Einkeilens fest bleiben werden, verstreiche ihre Fugen und bringe schliesslich nach Bedarf noch Füllung auf. In solcher Weise kann auch an diesen Seiten ein auf die Dauer völlig sicherer Wandanschluss erzielt werden.

c) Decke im engeren Sinne.

Die Decke bildet den oberen Abschluss des unterliegenden Raumes; sie kann aus den übrigen vorher besprochenen Teilen, d. h. der Fachausfüllung und den Balken, bestehen oder besonders ausgebildet sein, ist überhaupt mehr ausschmückender als notwendiger Bauteil, sofern sie nicht als Feuerschutz der Balken von unten aufgefasst und durchgebildet wird. 55. Feuerschutz.

Bezüglich der Feuersicherheit wurde bereits bei Besprechung der Betonausfüllung der Fache zwischen Holzbalken nach *Furness* (siehe Art. 48 und Fig. 103, S. 61) erwähnt, dass man hauptsächlich auf den Feuerschutz für die ganze Deckenbildung von unten her Bedacht zu nehmen hat, und dass nach den Versuchen des Stadtbauamtes zu New-York (siehe Art. 49, S. 62) selbst eine gewöhnliche Dielenlage

als oberer Abschluss der Decke schon ein erhebliches Mass von Widerstandsfähigkeit gegen Feuer besitze. Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, dass die Flamme und die heissen Gase schnell nach oben strömen und sämtlich gegen die Decke wirken, während sie vom Fussboden abgezogen werden; ferner wird der in einem Raume vorhandene Sauerstoff schnell verzehrt, und was durch Fenster und Thüren, durch Undichtigkeiten der Wände und selbst solche der unteren Decke neu von aussen an Sauerstoff hinzukommt, das wird von dem starken Strome mit nach oben gerissen und bildet ein Mittel neuer Verbrennung ganz überwiegend nur für die oberen begrenzenden Teile, so dass der Fussboden vergleichsweise gut geschützt erscheint.

Aehnliches wurde in Art. 5 (S. 12) gelegentlich der Besprechung der Stützung der Lagerhäuser in Bremen selbst für aufrecht stehende Holzstiele angeführt.

Von einigem Einflusse ist auch die Beschaffenheit und Oberflächenbehandlung des Holzes. Es liegt auf der Hand, dass eine splitterige und rauhe Holzfläche leichter anbrennen wird, als eine sehr glatt an dichtem Holze hergestellte, da sich die vorspringenden kleinen Fasern und Splitter, allseitig von heissen Gasen umgeben, verhältnismässig schneller bis zum Flammpunkte erhitzen und so Anlass zum Beginne des Brennens bilden werden, als die Holzteile unter einer glatten geschlossenen Oberfläche, denen nur von einer Seite Wärme zugeführt wird.

Wirksam wird sich auch recht dichter Schluss der Fugen erweisen, da diese Anlass zum Zuströmen von Sauerstoff von unten geben können und die Kanten wieder günstige Angriffspunkte bilden. Doppelte Dielenlagen mit versetzten Fugen werden daher erhöhte Wirksamkeit besitzen, die sich noch steigert, wenn man ein feuerbeständiges Dichtungsmittel, z. B. Asbestfilz oder eine feuerbeständige Mörtellage, zwischen die Dielenlagen bringt, wie durch die Versuche des Stadtbauamtes zu New-York (siehe Art. 49, S. 62) nachgewiesen ist.

Eine besondere Ausbildung der Decke fehlt jedoch nur in den untergeordnetsten Räumen, z. B. in Lagerräumen, wo auf den Balken bloss ein Fussboden ruht (Fig. 15, S. 12 u. Fig. 25, S. 21), oder in landwirtschaftlichen Bauten, wo z. B. der unten glatt abgestrichene gestreckte Windelboden (Fig. 61, S. 46) auch die Decke bilden kann.

In den weitaus häufigsten Fällen erhält die Decke eine besondere Ausbildung, und zwar im wesentlichen nach den im nachfolgenden beschriebenen Anordnungen. Weitere Einzelheiten über Deckenausbildung, insbesondere über die mehr dekorative Behandlung der Deckenflächen, bringt Teil III, Band 3, Heft 3 dieses »Handbuches«; auch wird später ausführlich auf die selbständige Deckenbildung unter Eisenbalken einzugehen sein.

56. Verschalte und geputzte Decken.

1) Am häufigsten kommt bei den älteren Konstruktionen die verschalte und geputzte Decke (Fig. 44, 58, 61 bis 63, 70, 74, 94, 109 u. 110) zur Anwendung. Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, A, Kap. 6, unter b, 3 und Kap. 7, unter c) dieses »Handbuches« wurde über die Bekleidung von Holzwerk mit Putz Mehrfaches mitgeteilt. Unter Hinweis auf die eben angezogenen zwei Stellen ist hier das Folgende zu sagen. Unter die Balken wird eine 1,5 bis 2,0 cm starke, stumpf gestossene Schalung aus ungehobelten, häufig sogar alten Brettern genagelt. Damit das Werfen und Reissen der Bretter dem Putz nicht schädlich werde, dürfen die Schalbretter nur schmal sein oder müssen vielfach gespalten werden. Auf diese Schalung streckt man winkelrecht zur Faserrichtung der Schalbretter rund 8 mm starke Putzrohrstengel (Fig. 44, 58, 61, 62, 70, 74, 94, 109 u. 110) in etwa 2,5 cm Abstand und befestigt

diefe durch geglühte Eifendrähte, welche in 10 bis 12 cm Abftand voneinander gefpannt und je hinter dem dritten Rohrftengel mit breitköpfigen, gefchmiedeten Rohrnägeln an die Schalung genagelt werden. Da diefe Nagelung an verfchiedenen Drähten in verfchiedenen Rohrzwifchenräumen erfolgt, fo hängt fchliefslich jeder Stengel unbeweglich in den Drahtfchlingen. Wegen der faft vollkommenen Raumbeftändigkeit gut getrockneten Rohres ift diefes Mittel zur Befeftigung des Putzes auf Holz befonders gefchätzt.

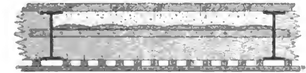
In Gegenden, wo Rohr nicht zu haben ift, treten an feine Stelle häufig fog. Wurf- oder Pliefterlatten (Fig. 63), d. h. trapezförmige, etwa 12 bis 15 mm dicke und in der Mitte 20 bis 25 mm breite Tannenlatten, welche gleichfalls quer zur Faferrichtung der Schalbretter unter diefe genagelt werden [74]; ftatt fo geftalteter Latten verwendet man auch folche mit Längseinfchnitten und -Nuten [75]. Derartige Latten find minder gut als Rohr, weil fie beim Putzen feucht werden, fich fpäter zufammenziehen und fo die Haftfeftigkeit des Putzes beeinträchtigen.

57. Andere Befeftigungsmittel für Deckenputz

Beffer, aber teurer und daher noch feltener find Putzknöpfe, 12 bis 15 mm dicke abgeftumpfte Kegel von etwa 3 cm mittlerem Durchmeffer, mitten durchbohrt, aus gebranntem Thone, welche im Quincunxmufter mit je einem Nagel, die kleinere Grundfläche nach oben, unter die Schalung genagelt werden.

Alle drei Mittel dienen dazu, den nun einzubringenden glatten, gefilzten und gefchlemmten Deckenputz aus Weifskalk, Gips oder einem Gemenge beider, auch wohl mit Zementzufatz, der aber für Deckenmalerei gefährlich ift, zu mechanifchem

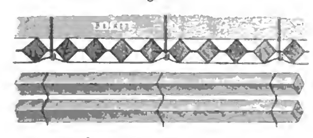
Fig. 111.





Anhaften an der Holzfläche der Schalung zu zwingen. Da die lofen, unter der Schalung liegenden, raumbeftändigen Putzftengel die Bewegungen der Schalbretter nicht mitmachen, was bei den Putzknöpfen und bezüglich der Nagelung auch bei den Pliefterplatten der Fall ift, fo ergeben fie die befte Befeftigung des Putzes.

Fig. 112.



Ein Beifpiel der Herftellung einer geputzten Decke auf Lattung ftatt auf voller Schalung zeigt Fig. 111, wobei wefentliche Abweichungen von dem vorftehend Gefagten nicht vorkommen.

Von einer Reihe von Fabriken werden auch patentierte Gewebe aus Draht und Rohrftengeln oder Holzleiften geliefert (Fig. 112 [76]), welche unter der Schalung, die dann auch durch eine weite Lattung erfetzt werden kann, ausgerollt und genagelt werden und ihre befonders fchnelle und bequeme

[74]) Siehe: Kortüm. Vom ganzen Windelboden. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

[75]) Vergl. Fig. 405, S. 245 (2. Aufl.: Fig. 357, S. 218) in Teil III, Band 2, Heft 1 diefes »Handbuches«.

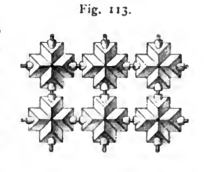
[76]) Z. B. von *Staufs & Ruff* in Cottbus; *Ernft Loth & Co.* in Halberftadt (D. R.-P. Nr. 10891 u. 22033). — Fig. 112 zeigt das Gewebe von *Schubert* in Görlitz.

Vorbereitung für die Putzherftellung ermöglichen; fie liefern dasfelbe Ergebnis, wie die mühfamere Berohrung[77]).

Vor der Decke nach unten vorfpringende Unterzüge werden entweder gleichfalls mit Rohrabfchnitten winkelrecht zur Faferrichtung gerohrt und geputzt oder glatt gehobelt, profiliert und bemalt.

An neueren Mitteln zum Anheften einer Putzdecke, welche eingehender bei den Eifenbalken befprochen werden, find hier zunächft die Drahtziegelgewebe von *Staufs & Ruff* in Cottbus (Fig. 113) anzuführen; ferner Drahtnetze und Drahtgeflechte, von denen Fig. 114, 115 u. 116 einige Beifpiele zeigen; endlich *Fifcher*'s Patentbautafeln (Fig. 117[78]), welche aus Afphaltpappe oder Afphaltfilz mit fchwalbenfchwanzförmigen Nuten geprefst, felbft leicht unter die Balken genagelt werden können und bei guter Raumbeftändigkeit ein kräftiges und dauerhaftes Einbinden des Putzmörtels ergeben; auch gegen Feuchtigkeit, alfo z. B. das Eindringen von Dämpfen in die Decken follen diefe Bautafeln guten Schutz geben.

Fig. 113.



Einige Weifen der Anbringung von Drahtgeflechten und -Geweben unter Holzbalken zeigen die Decke von *Weyhe* (Fig. 104 u. 105) und die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 106).

Soll eine Deckenfläche geputzt werden, welche an fich geeignet erfcheint, den Putz unmittelbar aufzunehmen, wie z. B. eine unten aufgerauhte Decke aus Gipsdielen oder Spreutafeln (Fig. 95 u. 96), Beton, Gips, Thonkaften, oder Backftein (Fig. 77, 79 bis 81, 100, 101), oder eine Mörtelfläche (Fig. 103, 107, 108), liegen in der Deckenfläche aber die Unterflachen von hölzernen Balken oder Eifenflächen (Fig. 101) zu Tage, fo mufs man den unter den Balkenflächen anzubringenden Putz zunächft — etwa mittels eines Streifens Dachpappe — vom Balken abfondern, damit feine Bewegungen unter der Wirkung von Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes oder der Wärme den Putz nicht zerftören. Aufserdem mufs ein Haftmittel unter den Balken, wie unter der Deckenfchalung angebracht werden, das bei Holzbalken aus quer gelegten kurzen Abfchnitten von Putzrohr oder Pliefterlatten, aus Thonknöpfen oder einem fchmalen Streifen der oben erwähnten Putzgewebe befteht, bei eifernen Balken in der Regel aus einem an den benachbarten Deckenteilen zu befeftigenden Streifen Drahtgewebe. Trotz diefer Vorkehrungen machen fich aber die Balkenunterflächen in ebenen Putzflächen in der Regel durch Riffe im Putze kenntlich. Man thut daher gut, das unmittelbare An-

Fig. 114. Fig. 115. Fig. 116.

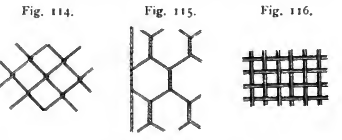
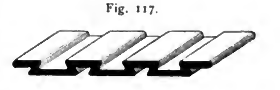


Fig. 117.



[77]) Siehe über folche Gewebe und Geflechte auch Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 203, S. 245 u. 246; 2. Aufl.: Art. 200, S. 218) diefes »Handbuches«.

[78]) Siehe: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oefterr. Monatfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 454. — Geliefert werden diefe Bautafeln von *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh.

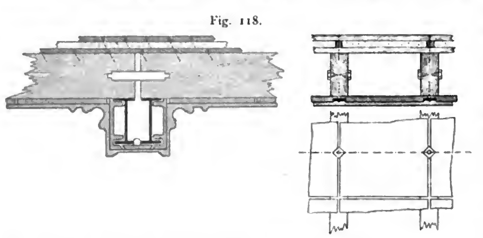
bringen von Putz unter den Balken zu vermeiden, wozu verfchiedene Mittel in Kap. 6 angegeben werden. Ift ein derartiges Anbringen nicht zu umgehen, fo richte man die Deckenbemalung fo ein, dafs darin die bei guter Ausführung jedenfalls nur feinen Riffe verfchwinden.

Das Putzen geftattet Ausfchmückung durch Malerei und Stuck und gewährt auch einen geringen Schutz der Balken gegen den erften Feuerangriff; einer irgend wie erheblichen Feuersbrunft widerfteht jedoch eine auf Holzfchalung geputzte Decke nicht.

58. Putzdecke mit vertieften Feldern.

2) Eine Abart diefer Decke bildet die Decke mit **vertieften geputzten Balkenfeldern** (Fig. 70, S. 49), bei welcher etwaige Deckenfchalung als Einfchub in Nuten ausgebildet, der Grund der entftehenden vertieften Felder geputzt, die Balkenunterfeite aber gehobelt und profiliert wird; bei anderweitigen, vertieft liegenden Fachausfüllungen, welche zur unmittelbaren Aufnahme des Putzes geeignet find (Fig. 86, 100, 108), kann man entweder blofs den Grund der Balkenfelder putzen, oder man hullt die Balken mit einem der angeführten Putzhaftmittel ein und ftellt die Profilierung in Putzmörtel her (Fig. 86, 100), fo den Balken etwas gegen Feuer deckend. An den Wänden und etwaigen Unterzügen kehrt die Balkenprofilierung mittels eingefetzter Balkenwechfel wieder — ein Mittel, das auch zur Teilung allzu langer Balkenfache in kürzere Felder angewendet werden kann.

Fig. 118.



59. Putz auf Thontafeln.

3) **Putz auf gebrannten Thontafeln** (Fig. 92 [S. 57] u. 118) wird in Amerika zur Erzielung von Feuerficherheit verwendet. Die Balkenlagen beftehen aus eng gelegten Bohlenbalken, unter welche mittels eiferner Unterlegplättchen unten rauhe Tafeln aus gebranntem Thone mit (Fig. 92) oder ohne (Fig. 118) Zwifchenraum genagelt werden. Die Unterlegplättchen verfchwinden in Vertiefungen, welche in den Mitten der unter den Balken liegenden Seiten der Thonplatten angebracht find. Auf diefem Thonbelage wird der Deckenputz mit oder ohne Profilierungen, wie auf Mauerwerk hergeftellt[79]).

Von den beiden Anordnungen in Fig. 92 (S. 57) u. 118 ftellt die letztere die Bauart *White*, die erftere die *Pioneer*-Bauweife dar, welche den befferen Schutz gegen Feuersgefahr bietet, weil die Deckenplatte nicht unmittelbar unter dem Balken liegt, alfo die Hitze beffer fernhält. Diefer Abftand wird durch Einfetzen der Befeftigungsnägel oder -Schrauben in kleine Eifenröhrchen gefichert. Bei der Anordnung in Fig. 92 find aufserdem die eifernen Befeftigungsteile nicht blofs durch den Putz, fondern noch durch einen Luftraum über dem Putze vor der Hitze gefchützt.

Ein Bedenken gegen beide Anordnungen liegt in der Befeftigung einer ziemlich fchweren Tafel mit nur wenigen Nägeln oder Schrauben von unten unter den Balken.

---

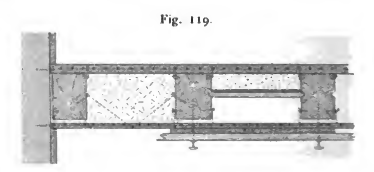
79) Siehe: Deutfche Bauz. 1884, S. 225. – Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436, 450. — *American engineer* 1887, S. 230.

Wird die Befeftigung hinreichend dauerhaft ausgeführt, fo entfteht nach der in Fig. 92 dargeftellten Konftruktion eine faft vollkommen feuerfichere Decke, da die Balken unten durch die Thonplatten mit Putz, oben durch die porige Terrakotta für das Feuer unzugänglich gemacht find. (Vergl. Art. 40, S. 57.)

4) Vielfach werden feuerfichere Putzdecken ohne Holzfchalung nach den bereits genannten Bauweifen von *Rabitz*[80]) und *Monier*[81]) und in der Anordnung von *Mack*[82]) ausgeführt.

Rabitz und *Monier* fpannen in einiger Entfernung unter den Balken Drahtnetze (Fig. 114 u. 115) aus, welche mit Haken in der Wand und unter den Balken, fowie in jedem Balkenfache noch durch einen 10 mm ftarken, in 50 cm Abftand nach den beiden Nachbarbalken aufgehängten Draht gehalten find (Fig. 119, linkes Fach). Die etwa 1 m breiten Bahnen des Drahtgewebes werden quer unter den Balken ftraff angezogen und zufammengenäht. Auf einzelne unter die Balken gefchraubte Lagerbretter wird nun eine Bretterlage von etwa 15 mm Dicke unter das Drahtnetz gelegt (Fig. 119 rechts) und der Patentputz, vorwiegend aus Zement beftehend, 2,0 bis 3,0 cm ftark eingeftampft. Nach kurzer Zeit ift die Maffe tragfähig genug, um das Abnehmen der Rüftung zu geftatten, worauf die Unterfeite glatt gerieben wird. Die Tragfähigkeit diefes Putzes wird fo grofs, dafs eine leichte, die Balkenfache füllende Bettung ohne weiteres darauf gebracht werden kann. *Rabitz* fchlägt zu diefem Zwecke Torfgrufs vor (fiehe Art. 47, S. 61 u. Fig. 119 links); indes ift jede andere Fachausfüllung auch verwendbar (Fig. 119 rechts, Einfchubdecke). Der Luftraum zwifchen Putz und Balken fchützt im Vereine mit der erheblichen Widerftandsfähigkeit des Mörtels gegen Feuer die verdeckten Holzteile gut, wie wiederholt bei Feuersbrünften und durch Verfuche nachgewiefen ift[83]).

Fig. 119.



Zwifchen den umfchloffenen Drähten und dem Putzmörtel bildet fich eine fehr innige, wie von manchen Seiten behauptet wird, nicht blofs mechanifche, fondern auch chemifche Verbindung, und da das Wärmeausdehnungsverhältnis des Drahtes von demjenigen des Zementes nur unerheblich abweicht, fo wirken beide Stoffe gut zufammen, und es entfteht eine Widerftandsfähigkeit, welche weit höher ift, als diejenige der gleich dicken Zementplatte.

Die Lage des Drahtes in der Mörtelplatte ergiebt fich aus dem Umftande, dafs der Draht vorwiegend Zugbeanfpruchung, der Zement Druckbeanfpruchung zu widerftehen vermag; man foll daher den Draht fo nahe an die gezogene Aufsenfläche der auf Biegung beanfpruchten Platte legen, wie dies mit Rückficht auf die vollkommene Einhüllung und den Schutz des Drahtes vor Feuer zuläffig erfcheint, d. h. etwa zwifchen $^1/_4$ und $^1/_3$ der Dicke der Platte von der gezogenen Seite aus gemeffen. Der Deckenputz hat jedoch, wenn überhaupt, fo geringe Laften zu

80) Siehe hierüber Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 271, S. 334; 2. Aufl.: Art. 269, S. 309) diefes »Handbuches«. — Vergl. auch Fufsnote 66, S. 61.

81) Siehe ebendaf., Art. 264 u. 265, S. 329—331.

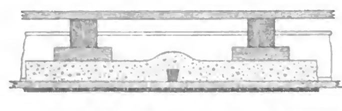
82) Siehe: Wochbl. f. Baukde 1887, S. 280. — Deutfches Baugwksbl. 1889, S. 85.

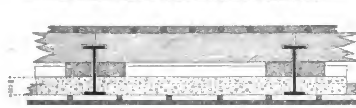
83) Z. B. beim Brande in der Marine-Ausstellung zu Köln im Sommer 1890.

tragen, dafs man hier den Draht oder das an fich weniger tragfähige Drahtnetz unbedenklich in die Mitte der Plattendicke legen kann.

5) Der Putz nach *Monier* unterfcheidet fich von dem nach *Rabitz* wefentlich nur dadurch, dafs die Platten mit rechtwinkelig überkreuzter und gebundener Drahteinlage (Fig. 116) nicht im Gebäude, fondern gefondert hergeftellt und fertig eingebracht werden. Somit ift der Putz nach *Monier* nicht fugenlos, und die Befeftigung unter den Balken wird eine andere wie bei *Rabitz*, etwa die in Fig. 92 u. 118 dargeftellte fein müffen. Wie bei diefen Anordnungen dienen dünne *Monier*-Platten auch häufig nur als Träger des eigentlichen Putzes, welcher auf ihrer Unterfeite angebracht wird; das Anbringen von *Rabitz*- und *Monier*-Putz unter einer Gipsfüllung auf Latten ift in einer auch bei Holzbalken verwendbaren Anordnung in Fig. 120 für Eifenbalken dargeftellt. Der Preis diefer Putzarten beträgt für 1 qm je nach Stärke und örtlichen Verhältniffen 1,0 bis 1,5 cm dick 2,5 bis 3,0 Mark, 5 cm dick bis 6 Mark fertig verlegt. 60. *Monier*-Decken.

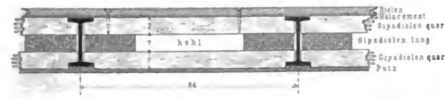
Fig. 120.





6) Nach *Mack*[84]) (fiehe Art. 42 [S. 58] im vorliegenden Hefte diefes »Handbuches«) werden die Gipsdielen unter die Balken gefchraubt, wobei auch die in Fig. 92 u. 118 angegebenen Verfahren zur Erzielung eines Luftraumes zwifchen Putz und Balken verwendbar find. 61. Decken mit Gipsdielen.

Fig. 121.



Die etwa 3 cm dicken Platten können bei gutem Verftriche der Fugen und Schrauben felbft die Deckenfläche bilden, oder fie können noch mit einer dünnen Putzfchicht überzogen werden. Eine folche auch für Holzbalken ausführbare Decke ift in Fig. 121 für Eifenbalken veranfchaulicht.

7) Auch die Spreutafeln von *Katz* (vergl. Art. 43 [S. 58] im vorliegenden Hefte) geftatten, nach Fig. 95 auf Drahtnetz mit der rauhen Seite nach unten verlegt, das unmittelbare Anbringen von Deckenputz, deffen Anhaften durch das Drahtnetz noch verbeffert wird. 62. Decken mit Spreutafeln.

Sowohl bei Gipsdielen, als auch bei Spreutafeln find die etwa fichtbar bleibenden Balkenunterflächen vor dem Aufbringen des Putzes in der in Art. 43 (S. 58) befprochenen Weife vorzubereiten (Fig. 95 u. 121).

Durch den Putz wird ein Schutz der Gipsdielen und Spreutafeln vor Feuer von unten wohl gefchaffen; immerhin wird bei ftarkem Feuer das Zerfallen auch über dem durchhitzten Putze noch eintreten; daher können die beiden letzten

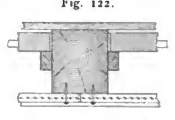
[84]) Siehe: Deutfche Bauz. 1899, S. 2.

Deckenkonftruktionen nicht den gleichen Sicherheitsgrad gewähren wie eine *Rabitz*- oder *Monier*-Decke. Auch die Tragfähigkeit beider ift erheblich geringer als die des fehr widerftandsfähigen Gefüges aus Draht und Mörtel. Nur die *Katz*'fche Anordnung nach Fig. 95 (S. 59) gibt ein dem *Rabitz*'fchen ähnliches Gefüge der Decke, mit der Verfchlechterung jedoch, dafs die Drähte ganz in die Oberkante des Putzes fallen und nur mangelhaft umhüllt werden.

63. Decken mit Zementbrettern.

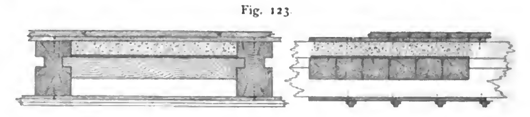
8) Zementbretter nach *Stolte* oder *Wygafch*, d. h. dünne Tafeln aus Zementmörtel mit oder ohne Eifeneinlage, deren Mörtel noch faferige Stoffe zugefetzt werden, um fie für Nagelung und Schraubung geeigneter zu machen, geben beifpielsweife nach Fig. 122, ebenfo nach Fig. 98 u. 99, eine Deckenfläche zum Putzen, wenn man fie fchlicht unter die Balken nagelt oder fchraubt; bei einiger Rauhigkeit der Unterfläche haftet der Putz ohne weiteres. Man kann fie jedoch bei glatter Unterfläche auch dicht aneinander ftofsen, die Fugen mit gleichem Mörtel verftreichen und das Ganze abreiben, um fie unmittelbar die Decke bilden zu laffen.

Fig. 122.



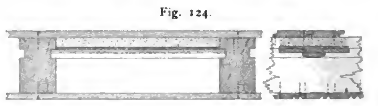
Die getäfelte Decke entfteht, wenn man eine gehobelte Schalung ohne Putz unter die Balken bringt (Fig. 123 u. 124). Sie bedarf der Verzierung, erhält

Fig. 123.



daher an der Falzung angeftofsene Profile (Fig. 123), oder es werden profilierte Leiften über die Fugen genagelt (Fig. 124). Man kann die Schalung auch als Stülpdecke aus zwei Lagen von Brettern herftellen, welche profiliert und gefpundet find, wie in Fig. 125, oder übereinander greifen (Fig. 126).

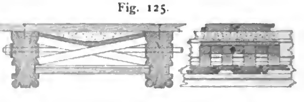
Fig. 124.



64. Getäfelte Decken.

Die Täfelung kann in weniger einförmiger Weife auch durch geometrifche Figuren aus untergenagelten Profilleiften gefchmückt werden, wobei jedoch die Bretterfugen die Felder der Figuren in unangenehmer Weife durchfchneiden. Es ift daher beffer, die feitlich genuteten Leiften unmittelbar unter die Balken und, foweit nötig, unter die Balkenwechfel zu nageln und dann geleimte Brettertafeln fo in die Nuten einzulegen (Fig. 127), dafs fie fich frei zufammenziehen und ausdehnen können; man erzielt in folcher Weife gut zu bemalende Feldflachen ohne Fugen.

Fig. 125.

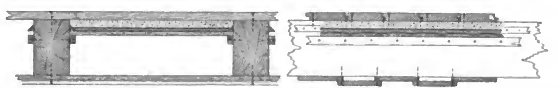


65. Kaffettendecken.

9) Die Kaffettendecke (Fig. 128) teilt zunächft die Deckenfläche durch zwifchen die Balken gefetzte Wechfel in regelmäfsige, meift rechteckige Felder ein, um welche die Profilierung der Balken und Wechfel als Rahmen herumläuft. An die Seitenflächen der Balken und Wechfel werden ringsum laufende Profilleiften ge-

ſchraubt, auf welche dann die Bodenfüllungen der entſtandenen Kaſſetten meiſt in geſtemmter Arbeit, ſonſt als glatte geleimte Tafeln loſe aufgelagert werden. Die Füllungen können ſchlieſslich durch Malerei, durch geſchnitzte oder durch aus Gips-

Fig. 126.



oder Zinkguſs hergeſtellte Ornamente ausgeſchmückt werden. Reiſsen der Bretter iſt durch die bewegliche Lagerung verhütet.

Auch mittels Stuck kann man die Ausſchmückung der von den Balken und Wechſeln gebildeten Kaſſetten erreichen (Fig. 129), wobei aber Balken und Wechſel wie die Füllungen berohrt werden müſſen, wenn man vollſtändig geputzte Flächen haben will und die Bodenflächen der Kaſſetten nicht ſchon aus putzbaren Körpern beſtehen, wie in Fig. 129 aus *Stolte*'s Zementdielen. Eine Kaſſettendecke, bei der die Rahmen von den Balken und Wechſelprofilen nebſt angeſchraubten Profilleiſten und der Boden durch glatten Putz gebildet werden, zeigt Fig. 130. Dieſe Deckenausbildung iſt von allen die reichſte.

Fig. 127.

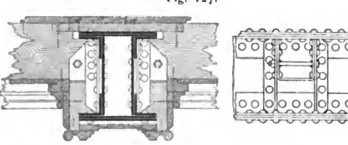
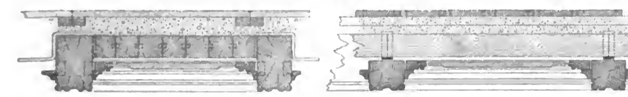
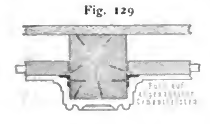


Fig. 128.



10) Die Einſchubdecke legt die Täfelung zwiſchen die Balken auf Leiſten (Fig. 131) oder in Nuten (Fig. 125), ſo daſs die zu hobelnden und zu profilierenden Balken vor der Täfelung vortreten und lange Balkenfelder bilden, deren Böden von gehobelten Brettern mit profilierten Fugen oder Fugenleiſten gebildet werden. Auch hier kann man ſtatt der einfachen Einſchubdecke eine Stülpdecke aus doppelter Bretterlage mit geſpundeten und profilierten Fugen (Fig. 125) oder einfacher Ueberdeckung (Fig. 126) verwenden. 66. Einſchubdecken.

Fig. 129



11) Fayencedecken[85]), Decken aus glaſierten Thonflieſen, kommen in Frankreich und Belgien vor; Beiſpiele ſind in Fig. 89 u. 91 (S. 56 u. 57) dargeſtellt. Die Flieſen können auſser der Glaſur auch Blätter- oder ſonſtigen Formen- 67. Decken aus glaſierten Thonflieſen und Glastafeln.

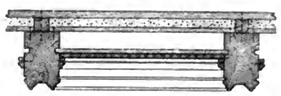
---

[85]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 262, S. 284. — Sprechſaal 1886, S. 721. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2128.

fchmuck tragen. In der durch Fig. 91 dargeftellten Konftruktion nach Art einer Einfchubdecke müffen die Balkenfache mit einer Plattenbreite gedeckt werden, werden alfo fchmal; in Fig. 89 ift die gröfsere Weite durch eine Art von Plattenwölbung erreicht, welche durch Anbringen entfprechender Kämpfervorfprünge oder -Leiften an Holzbalken auch bei diefen verwendbar ift.

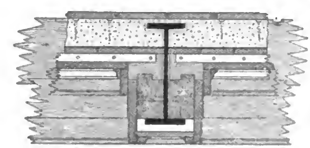


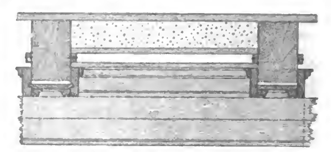
Fig. 130.



Um auch unter hölzernen Balken ebene Fayencedecken anbringen zu können, fo dafs die Balken nicht, wie in Fig. 91, vortreten, befeftigt *E. Müller* in Jory unter den Balken zunächft einen Roft aus Gufs- oder Schmiedeeifen, in deffen Mafchen die bunten verzierten Platten eingelegt werden. Die zwifchen den Platten vortretenden Stege des Roftes werden den Platten entfprechend verziert und etwa mit Bronzefarbe behandelt. Aehnliche Unterdeckungen der Balken fieht auch *Bilgner* bei feiner das Schwinden der Balken unfchädlich machenden Decke vor (Fig. 82, S. 54).

Fig. 131.





Derartige Decken befitzen, mit Luftraum unter die Balken gelegt, einen ziemlich hohen Grad von Feuerficherheit, eignen fich aber für Wohnräume nur bei ganz beftimmten Ausftattungsarten. Sehr geeignet erfcheinen fie für folche Räume, in denen auch die Wände ganz oder zum Teile mit glafierten Fliefen (*Tiles*) belegt find, wie dies z. B. in Wartefälen, Erfrifchungsräumen, Wirtfchaften und Vergnügungsanlagen gebräuchlich ift.

Schliefslich fei noch erwähnt, dafs man ausgedehnte, untergefchraubte Spiegelglastafeln als unteren Deckenabfchlufs verwendet, wenn man reiche Deckengemälde vor Schmutz, Rauch und Feuchtigkeit fchützen will. Bei der ftetig zunehmenden Verunreinigung der Luft in den grofsen Städten findet diefes Mittel fchnelle Verbreitung.

---

3. Kapitel.

Balkendecken in Holz und Eifen.

68. Ueberficht.

Hier find folche Decken zu befprechen, in deren tragenden Teilen fich Holz und Eifen zur Laftaufnahme vereinigen. Sie find gegenüber den übrigen Deckenarten felten, da Dauer und Feftigkeit der beiden Bauftoffe zu fehr verfchieden find, um in der Vereinigung zu wirklich zweckmäfsigen Konftruktionen zu führen.

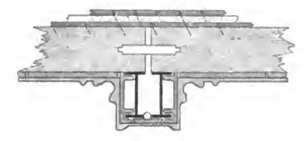
Die fcharfe Trennung der drei, bezw. vier Beftandteile der Decke ift hier nicht in gleicher Weife, wie im vorhergehenden Kapitel durchzuführen; daher

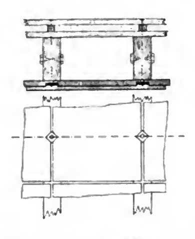
ſollen Beiſpiele von Geſamtanordnungen in allen ihren Teilen gleichzeitig vorgeführt werden.

Die bei weitem meiſten hierher gehörenden Konſtruktionen verwenden das Holz zur unmittelbaren Unterſtützung des Fuſsbodens, während die eigentlichen Deckenträger aus Eiſen gebildet werden.

Die am häufigſten, insbeſondere in Deutſchland, vorkommende Anordnung iſt die in Art. 4 (S. 8) bereits berührte, bei welcher die hölzernen Balken, welche für 69. Gewöhnliche Anordnung.

Fig. 132.



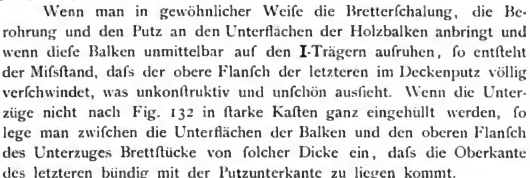


die vorhandene lichte Weite zu geringe Querſchnittsabmeſſungen haben, auf eiſerne Unterzüge — meiſt I-Träger — gelagert werden (Fig. 132). Die Balkenlage, die Ausfüllung der Balkenfache, die Lagerung des Fuſsbodens und die Deckenunterfläche werden in einer der im vorhergehenden Kapitel vorgeführten Weiſen ausgebildet; der eiſerne Unterzug ſpringt in ganzer Höhe vor der Deckenunterfläche vor.

Fig. 133.







Wenn man in gewöhnlicher Weiſe die Bretterſchalung, die Berohrung und den Putz an den Unterflächen der Holzbalken anbringt und wenn dieſe Balken unmittelbar auf den I-Trägern aufruhen, ſo entſteht der Miſsſtand, daſs der obere Flanſch der letzteren im Deckenputz völlig verſchwindet, was unkonſtruktiv und unſchön ausſieht. Wenn die Unterzüge nicht nach Fig. 132 in ſtarke Kaſten ganz eingehüllt werden, ſo lege man zwiſchen die Unterflächen der Balken und den oberen Flanſch des Unterzuges Brettſtücke von ſolcher Dicke ein, daſs die Oberkante des letzteren bündig mit der Putzunterkante zu liegen kommt.

Will man unter Beibehaltung der ſonſtigen Teile nur die Holzbalken der beſchriebenen Decken durch eiſerne erſetzen, ſo entſteht eine Schwierigkeit aus der Unmöglichkeit, Dielenlagen für Fuſsböden und Deckenſchalungen ohne weiteres auf und unter die Balken zu nageln oder zu ſchrauben. Im folgenden werden einige Mittel zur Hebung dieſer Schwierigkeit aufgeführt. 70 Fuſsbodendielen und Deckenſchalungen bei eiſernen Tragbalken.

Fig. 133 zeigt zunächſt die geſchmiedete *Sinzig*-Klammer [86]), eingeführt von *H. Köttgen & Co.* in Bergiſch-Gladbach, mit deren Hilfe man Bohlen verſchiedener Stärke ſo auf und unter eiſerne Trägerflanſche klammern kann, daſs dieſe nun in jeder Beziehung wie hölzerne behandelt werden können. Gelegenheit zur Auflagerung von Fachausfüllungen bieten die Flanſche ohne weiteres [87]).

Denſelben Erfolg ergeben die aus ſtarkem Drahte gebogenen Klammern von

86) D. R.-G.-M. 61634.

87) Siehe auch: Stahl u. Eiſen 1897, S. 35. — HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 14 — 100 Stück koſten 3,20 Mark.

Rordorf[88]). In Fig. 134 ift gezeigt, wie die Klammern für quer zu den Eifenträgern laufende Holzlager zu formen find; die Klammern werden, wenn möglich, vor dem Verlegen der Lager in deren Flanke gefchlagen; dann werden die Lager um die Länge des Klammerhakens verfchoben verlegt und fchliefslich fo vorgetrieben, dafs fich die Klammer unter den Trägerflanfch klemmt. Man kann die Klammer jedoch auch nach dem Verlegen des Lagers in diefes eintreiben; nur wird dann der Griff unter dem Trägerflanfch minder fcharf.

Fig. 134.

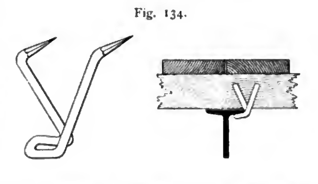


Fig. 135 zeigt die gleiche Klammer nebft ihrer Anbringung für den Fall, dafs das Holzlager längs auf oder unter dem Eifenträger liegt. Diefe letztere Form ift der *Sinzig*-Klammer in ihrer Wirkung ganz gleich.

Die Befeftigung hölzerner Fufsböden auf eifernen Balken nach *R. Kirchhoff* in Ludwigshafen a. R.[89]) (S. 41, Fig. 136) ift hauptfächlich bei Doppelträgern verwendbar. Zwifchen die Doppelträger find die Holzabfchnitte *b* gut paffend, fonft lofe, fo eingelegt, dafs für jede Diele ein Abfchnitt zum Nageln vorhanden ift, wie bei den Holzbalkenlagen zu Fig. 52 bis 57 (S. 41) erörtert wurde. Die Abfchnitte liegen mit offenen Zwifchenräumen voreinander, fo dafs fie das Zufammentreiben der Dielen nach dem Schwinden ohne weiteres erlauben. Um den Putz unter den Trägern anbringen zu können, find Putzrohrabfchnitte mit übergefpannten Drähten untergelegt und durch in die Holzabfchnitte getriebene Hakennägel befeftigt, welche die Drähte faffen. Diefe Hakennägel müffen fich beim Zufammentreiben der Holzabfchnitte mit den Dielen auf den Drähten etwas verfchieben, foweit der Putzmörtel dies geftattet, fonft fich felbft oder die Drähte verbiegen, wobei Putz abbröckeln kann. Es erfcheint daher empfehlenswerter, die Einlage *b* zu teilen und fie unten aus einer durchlaufenden, feftliegenden Bohle zu bilden, auf der die oberen Abfchnitte mit offenen Zwifchenräumen gleiten können, fo dafs das Zufammentreiben möglich ift, ohne den Putz unten in Mitleidenfchaft zu ziehen. Etwa erforderliche Höhenausgleichung gefchieht durch Polfter auf den Balken.

Fig. 135.

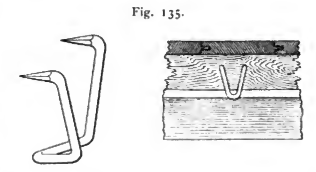
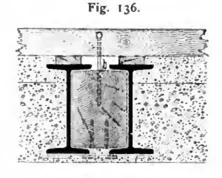


Fig. 136.



Durch die Anordnung von Doppelbalken wird die Ausführung verhältnismäfsig teuer; doch liefsen fich ähnlich wirkende Konftruktionen auch wohl für einfache Balken erfinnen.

Die bisher befprochenen Anordnungen verlangen alle erft das Anbringen be-

[88]) D. R.-P. — Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *W. Hanifch & Co.* in Berlin; *H. Breuning* in Stuttgart.
[89]) D. R.-P. 61960.

fonderer Holzteile an den Eifenträgern, ehe man die Dielungen nageln kann. Um Dielen und Bohlen unmittelbar an Eifenträgern zu befeftigen, gleichzeitig untereinander unverfchieblich zu verbinden, das Werfen der Dielen oder Bohlen zu verhindern und dabei noch das Zutagetreten von Nagelköpfen oder Schrauben zu vermeiden, werden die *Rordorf*'fchen Verbindungshaften[90]) verwendet. Fig. 137 zeigt eine folche gefchmiedete Haftklammer für dicht zu legende Fufsbodendielen, Fig. 138 eine für Blindboden mit gleichweiten offenen Fugen beftimmte, deren oberer Anfatz die Weite der Fugen feftlegt.

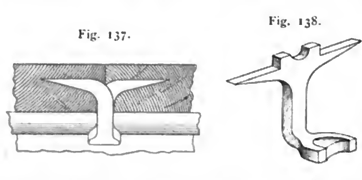


Fig. 137. Fig. 138.

Schliefslich ift als Mittel zur Befeftigung von Holzdielen an Eifenbalken der Patenthaken von *L. Bethe* in Stade[91]) zu erwähnen.

71. Anordnungen von geringer Konftruktionshöhe.

Auch die nunmehr vorzuführenden Deckenanordnungen von geringer Konftruktionshöhe gehören zu jenen Anordnungen, bei denen fchwache Holzbalken fich auf eiferne Deckenträger ftützen. Beifpiele der hierbei in das Auge gefafsten Ausbildungen zeigen Fig. 132, 139 bis 147.

Fig. 139.

Fig. 143 entfpricht dem Falle, dafs über einem weiten Raume eine Decke hergeftellt werden foll, welche möglichft wenig Höhe wegnimmt. Deshalb find niedrige, ftarke Kaftenträger faft unmittelbar unter die Fufsbodenbretter gelegt, welche die gewöhnlichen Holzbalken in feitlich angenieteten Blechrahmen aufnehmen.

Die Ausfüllung der Balkenfache, welche nach einer der im vorhergehenden Kapitel unter *b* angegebenen Weifen erfolgt, ift nicht dargeftellt; dagegen ift angedeutet, wie die Fufsbodenbretter über dem

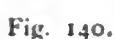
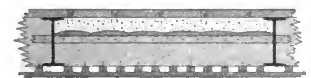


Fig. 140.





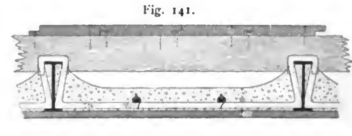
Eifen der Träger zu lagern find, und wie der niedrige Vorfprung des Trägers nach unten durch Ausbildung einer getäfelten Decke verdeckt werden kann. Der ganze Träger fteckt in einem aus profilierten Leiften gebildeten Kaften, welcher durch auf die Gurtung des Trägers greifende, eingepafste Klötze getragen wird. Diefe Klötze werden durch die unter die Balken gefchraubten Tragleiften der Deckentäfelung am Herausfallen verhindert; eine unmittelbare Verbindung zwifchen Holz und Eifen, welche Anbohren des Eifens bedingt hätte, ift nicht vorgenommen.

In Fig. 132 liegen die eifernen Träger ganz unter den über ihnen geftofsenen und verklammerten Bohlenbalken. Auch hier ift ein breiter Kaften unter der Balkenlage nach amerikanifchem Mufter hergeftellt, indem die doppelt angeordneten Träger zunächft mit in Zementmörtel aufgefetzten, dem Trägerquerfchnitte angepafsten ge-

[90]) Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *H. Breuning* in Stuttgart; *H. Hanifch & Co.* in Berlin. — D. R.-P. — Siehe auch: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 119.

[91]) Siehe: Deutfche Bauz. 1883, S. 315.

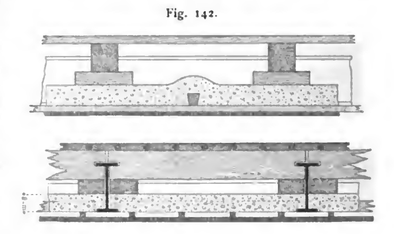
brannten Thonplatten verkleidet und darüber mit profiliertem Gipsputze bedeckt wurden [92]). So ift ein wirkfamer Schutz der Träger gegen Feuer erzielt, welche ihre Tragfähigkeit durch unmittelbaren Angriff des Feuers erfahrungsmäfsig fchnell, unter Umftänden fchneller als ftarke Holzbalken, verlieren [93]).


Fig. 141.

Das eigenartige Anbringen von Thonfliefen nach *White* unter den Holzbalken als Träger des Putzes der Decke wurde fchon in Art. 59 (S. 69) befprochen.

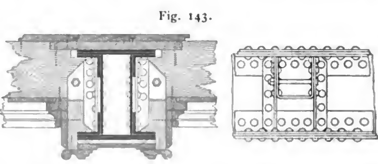
In Fig. 142 [94]) find zwifchen die enger gelegten Eifenbalken fchwache Holzträger unter Einfchneiden der Trägerflanfche in die Hirnenden eingefetzt. Die Fachausfüllung ift durch eine 8 cm ftarke Lage eines Gemenges von Gips und Steinbrocken gebildet, gegen welche die kleinen Traghölzer durch keilförmige Holzeinlagen abgefangen find.

Letztere dienen zugleich dazu, die Hölzer in die genau richtige Höhenlage zu bringen. Die Hölzer tragen einen gefederten Fufsboden, deffen Bretter parallel zu den Eifenbalken gelegt find. Um eine Putzdecke auf Rohr oder nach *Rabitz* und *Monier* anbringen zu können, ift jedesmal mitten zwifchen zwei Holzträgern ein Abfchnitt einer hölzernen Schwalbenfchwanzleifte zwifchen den unteren Flanfchen der I-Balken in den Gips eingeftampft, unter welche dann die den Deckenputz tragenden Latten für Rohrputz in enger, für *Rabitz*- und *Monier*-Putz in weiterer Teilung genagelt werden können. Die Koften diefer Decke betragen 10,2 Mark für 1 qm.


Fig. 142.

72. Vorfchläge von *Stolz*.

Stolz [95]) macht für derartige Decken die in Fig. 145 u. 146 dargeftellten Vorfchläge [96]), welche von dem Gefichtspunkte ausgehen, derartige Decken nach den von ihm gefammelten Erfahrungen thunlichft feuerficher zu geftalten. Nach *Stolz* droht den Decken von oben her wenig Gefahr, da, wie fchon in Art. 49 u. 55 (S. 62 u. 65) erwähnt wurde, felbft bei ftarken Feuersbrünften hölzerne Fufsböden wegen Mangels an Luft höchftens ankohlen, wenn nur kein anfachender Zug durch die Decke felbft kommen kann. Höchft gefährdet find dagegen die Deckenunterflachen, und in diefen befonders die Rückfprünge, welche neben vorfpringenden Teilen, Unterzügen u. dergl. entftehen. Solche Vorfprünge find daher zu vermeiden; Unterzüge


Fig. 143.

[92]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436. — *American engineer* 1887, S. 230.

[93]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 417.

[94]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 43.

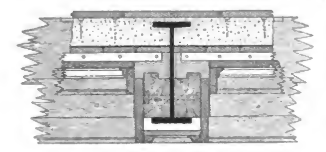
[95]) Branddirektor von Magdeburg.

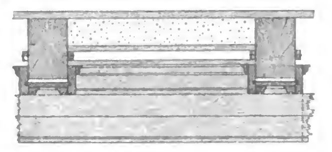
[96]) Siehe Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

müffen alfo in der Deckendicke thunlichft verfteckt werden, wenn letztere dadurch auch wachfen follte.

Stolz führt in diefer Beziehung an, dafs ein 75 cm unter der Decke liegendes Ofenrohr die Einfchubbretter in den Balkenfachen entzündete, obwohl an der unter den Balken liegenden Bretterfchalung

Fig. 144.





keine Brandfpuren zu finden waren. Aus gleichem Grunde ift es auch von befonderer Wichtigkeit, die Träger von unten her feuerficher einzuhüllen, da fie durch Erhitzen ihre Tragfähigkeit verlieren.

Fig. 145 ftellt eine gewöhnliche Zimmerdecke vor, bei der die Träger von oben und unten durch Afchenfüllung, und zwar oben weniger als unten, gefchützt find. Zur Stützung der unteren Afchenlage ift eine *Rabitz*-Decke mindeftens 10 cm unter den Balken aufgehängt, und an diefen ift die Afche fo weit aufgefchüttet, dafs der Balken nebft den auf den unteren Flanfch gefetzten Tragleiften für den Einfchub noch genügend gefchützt wird. Der Einfchub liegt fo tief, dafs auch der Balkenkopf noch ganz in Afche gehüllt ift. Die Fufsbodenlager ftehen fo weit von den Balken ab, dafs ein die erfteren ergreifender Brand letztere noch nicht erheblich erhitzen kann. Auf den Einfchub und unter die Fufsbodenlager ift eine Lage von Dachpappe gebracht, um das Durchriefeln der oberen Afchenlage durch den Einfchub und das Entftehen von Luftzug von unten durch die Decke zu verhindern.

Fig. 145.

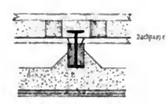
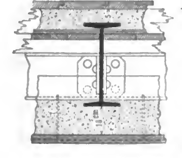
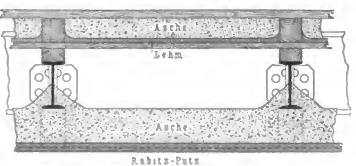


Fig. 146 zeigt eine gleiche Decke, deren weite Spannung aber die Anordnung

Fig. 146.





eines ftarken Unterzugträgers nötig gemacht hat. Die Eifenbalken find innerhalb der Höhe des Unterzuges an feinen Steg befeftigt und von unten ebenfo, wie in Fig. 145, derart gefchützt, dafs 10 cm Afche unter der Unterzugkante bleiben. Um nun auch die obere Gurtung des Unterzuges genügend einzuhüllen, find Polfterhölzer auf die Balken gelegt, fo dafs der hier mit Lehmfchlag ftatt mit Dachpappe eingedichtete Einfchub der oberen Gurtung des Unterzuges nahe liegt und die Verfüllung

der Fufsbodenlager diefen deckt. Ein fchwacher Punkt bleibt die Ueberkreuzung der Lagerhölzer mit dem Unterzuge; doch ift die hier entftehende Gefahr wegen der geringen Ausdehnung der gefährdeten Stelle nicht erheblich. Auch dafs der Brand durch die Holzteile bis zu den oberen Gurtungen der Balken durchdränge, ift nicht zu befürchten.

So forgfältig diefe Decken mit Rückficht auf Sicherung gegen Feuer und Auswahl billiger Bauftoffe durchgebildet find, fo ift nicht zu verkennen, dafs fie durch ihre das gewöhnliche Mafs, befonders bei Anordnung von Unterzügen, weit überfchreitende Dicke und den dadurch entftehenden Mehraufwand an Mauerwerk in den Wänden nicht gerade fparfam genannt werden können.

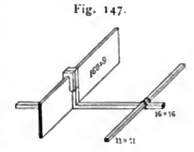
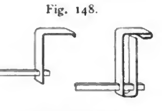


Fig. 147.

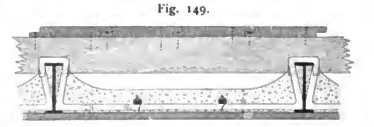
73. Franzöfifche Anordnungen.

In Frankreich find derartige Deckenkonftruktionen [97] fehr beliebt. Zunächft ift eine ganze Reihe von Decken nach verfchiedenen Erfindern benannt; diefe zeigen wenig Abweichungen voneinander und find wegen zu kleiner Einzelteile und fchwieriger Zufammenfetzung nur in befchränktem Mafse zur Ausführung gekommen. Hierher gehören die Decken von *Angot*, *Bellemare*, *Batelier*, *Jeannette*, welche die Träger aus möglichft leichten Band- und Quadrateifen bilden. Ueber die Träger ftrecken fich fchwache Balken zur Aufnahme des Fufsbodens, und die Ausfüllung der Balkenfache wird aus Gipsbeton auf einem Rofte von dünnen Quadrateifen gebildet.


Fig. 148.

Auf die Dauer fcheint fich nur eine derartige Konftruktion zu behaupten, die von *Vaux* (Fig. 147), welche weit verbreitet ift. Die Träger beftehen aus mit $^1/_{10}$ Pfeil nach oben durchgebogenen, hochkantig geftellten Flacheifen, welche in den Wänden verankert find.

Gegeneinander werden diefe Bänder durch gefchmiedete Bügel aus Quadrateifen abgefteift, fo dafs fie nicht kippen können. Die Querbügel tragen zwifchen je zwei Balken von 75 cm Abftand zwei kleine mit Draht feftgebundene, quadratifche Eifenleiften, und an das fo gebildete Leiftennetz hängt man die Deckenausfüllung aus feinem Gipsbeton, welcher, weich eingebracht, auf den umhüllten Leiften erhärtet (Fig. 141 u. 139). Ueber die Flacheifenbalken ftreichen in der Querrichtung ganz fchwache Balken oder Lagerhölzer, und diefe nehmen dann die Fufsbodenbretter auf. Unter dem unten auf Bretterfchalung eben abgeglichenen Gipsbeton wird der Gipsputz der Decke aufgetragen.


Fig. 149.

Die wefentlichften Mängel diefer Konftruktion find die äufserft geringe feitliche Steifigkeit und die fchwierige Auflagerung der Flacheifenträger, fowie die Lagerung der Holzbalken auf die Kanten der Flacheifen.

Noch gebräuchlicher find die Deckenanordnungen von *Thuasne* und namentlich diejenigen von *Rouffel*, letztere vorwiegend in Paris.

Thuasne verwendet **I**-Balken, über deren Gurtungen zum Einfetzen der kleinen quadratifchen Querftäbe rechteckige Blechmuffen gefchoben werden (Fig. 148).

Diefe Muffen find behufs Aufnahme der Querftäbe quadratifch gelocht, und nach Einfchieben der Stäbe werden Splinte im Zwifchenraume zwifchen Muffe und Trägerfteg durch die gelochten Stab-

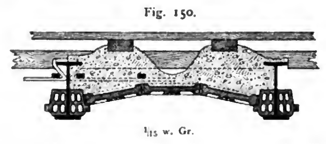
[97] Siehe: *Annales induftr.* 1883—II, S. 5 u. ff.

enden geschoben. Die Querstäbe tragen, wie bei *Vaux*, mit Draht gebundene Querleisten, und die Zwischendecke wird, wie bei allen derartigen französischen Konstruktionen aus Gipsbeton in den Stabrost eingestampft.

Die Bauart *Rousseł* (Fig. 149) unterscheidet sich gegen jene von *Thuasne* nur dadurch, dass die Querstäbe, wie bei *Vaux*, bügelartig über die I-Träger gebogen werden und diese sehr wirksam gegeneinander absteifen. Auch hier hängt die Gipsdecke am Roste der Quer- und Längsstäbe.

Auch Fig. 150 zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch der Gipsbeton nach unten durch Fayencefliesen (vergl. Art. 67, S. 73) abgeschlossen ist. Für letztere wird ein gutes Widerlager durch Hohlziegel gebildet, welche, auf die untere Gurtung der Balken gesetzt, dieser zugleich eine bessere Wirkung durch Vergrösserung des vorspringenden Körpers verleihen.

Fig. 150.



$^{1}/_{15}$ w. Gr.

Da dieses Fliesengewölbe eine erhebliche Tragfähigkeit besitzt, so wird diese Decke auch ohne den Rost von Eisenstäben gebildet, der deshalb nur in die linke Hälfte von Fig. 149 eingetragen ist.

Oben ruhen die Fussbodenlager auf den in grösseren Abständen gelagerten hölzernen Querbalken wieder der Länge nach, so dass die Bretter wieder winkelrecht zu den Balken laufen. Der Gipsbeton umhüllt sowohl die Querbalken, wie die Längslager wenigstens so weit, dass sie unverschieblich liegen.

Bei allen diesen Bauweisen ist die Teilung der Querstäbe etwa 75 cm, diejenige der Längsstäbe etwa 25 cm. Sie tragen kleine Lagerbalken auf den Trägern und den Gipsputz der Decke ohne Zwischenmittel unter der Gipsbetonfüllung. Unter den Trägerflächen erhält der Putz keine besondere Befestigung.

Die kleinen Querbalken bleiben jedoch auch wohl weg, und dann werden die Längslager dicht neben die Eisenbalken unmittelbar in den Gipsbeton gelagert, welcher dazu tragfähig genug ist, namentlich wenn er das Stabgerippe enthält oder auf Fliesenbogen ruht. Da die Lasten dann nicht mehr von den Holzteilen, sondern durch die Gipsfüllung auf die Balken übertragen werden, so bildet diese Ausbildung der französischen Gipsdecke streng genommen schon ein Beispiel der in Kap. 4 zu besprechenden Decken aus Eisen und Stein oder Mörtel.

Dass diese Gipsdecken wegen des Zerfallens des Gipses in der Hitze nicht zu den feuersicheren zu rechnen sind, wurde bereits in Art. 42 (S. 58) erwähnt. Aus diesem Grunde sind auch die den Träger begleitenden Kämpferstücke in Fig. 139 nicht so gestaltet, dass sie den unteren Trägerflansch ganz einhüllen. Es wäre jedoch diese noch später (in Kap. 4) zu besprechende Formung auch hier wohl am Platze, weil die Fliesendecke auch nach dem Zerfallen des Gipses noch als ziemlich widerstandsfähig anzusehen ist, wenn nur die Balken ihre Tragfähigkeit nicht durch Erhitzen verlieren.

74. Neuere deutsche Konstruktionen.

Eine weitere deutsche Anordnung dieser Gruppe zeigt Fig. 144 [98]), welche der in Fig. 143 dargestellten ähnlich ist. Die möglichst in der Decke versteckten I-Unterzüge tragen über dem unteren Flansch an den Steg gebolzte Lagerhölzer für die Holzbalken. An die Lagerhölzer sind zugleich die den unteren Teil der Unterzüge verdeckenden Verschalungen aus profilierten Brettern angebolzt; in übereinstimmender Weise sind auch die unteren Balkenteile behandelt.

Auch Fig. 151 [99]) zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch die enger

98) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 410.

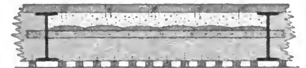
99) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 298.

gelegten Eifenbalken ganz in der Decke verfchwinden. Die Querbalken aus Bohlen lagern unmittelbar auf dem unteren Flanfche.

75. Konftruktionen mit befonders geformten Trägern.

Für die Konftruktion der Decken mit Eifenträgern und Holz find auch befondere Trägerformen eingeführt worden, jedoch wenig in Gebrauch gekommen, da das Walzen fonft nicht verwendbarer Trägerformen für diefen Sonderzweck zu teuer ift.

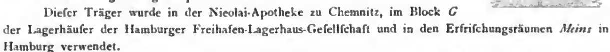
Fig. 151.




Der Träger von *Gocht* in Chemnitz (Fig. 152[100]), gewalzt von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 18 cm hoch aus Flufseifen, mit einem Widerftandsmoment von 132 (auf Centim. bezogen), bezweckt die unmittelbare Nagelung der Fufsbodenbretter und der Deckenfchalung an die Eifenträger.

Fig. 152.

Zu diefem Zweeke wird in die Hohlkehlen, welche beim Zufammennieten der getrennt gewalzten Trägerhälften entftehen, eine birnförmige, gerippte Gufsleifte oder ein mit Draht umwiekeltes dünnes Rundeifen vor dem Vernieten eingelegt. Treibt man nun Nägel durch die Bretter in die Hohlkehlen, fo biegen fich diefe um die Einlagen herum und werden zu Befeftigungshaken. In halber Höhe haben die Stege kleine Anfätze zur Auflagerung von Einfchubbrettern, welche die Füllung aufnehmen, fo dafs die Gefamtanordnung einer hölzernen Balkenlage völlig entfprieht.


Diefer Träger wurde in der Nieolai-Apotheke zu Chemnitz, im Block *G* der Lagerhäufer der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gefellfchaft und in den Erfrifchungsräumen *Meins* in Hamburg verwendet.

Der Träger von *Klette*[101]), gleichfalls von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 21 cm hoch, 29,8 kg für 1 lauf. Meter fchwer, mit einem Widerftandsmoment von 225 (auf Centim. bezogen) gewalzt, ift in Fig. 153 u. 154 in älterer und neuerer Geftalt dargeftellt.


Fig. 153.

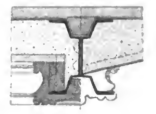


Fig. 153 zeigt links die Anordnung einer hölzernen Einfchubdecke auf Lagerhölzern, welche vom unteren Flanfch getragen werden und zugleich eine Verfchalung des Trägers aufnehmen. Die Fufsbodenbretter ruhen auf kleinen Lagerhölzern, welche mit Afphalt in die obere Gurtung eingefetzt find. Die Füllung ift in gewöhnlicher Weife angeordnet und unter den Brettern mit Afphaltfilz abgedeckt. Die untere Trägerverfchalung ift noch an einer in die untere Gurtung eingelegten und feitlich verfchraubten Holzleifte befeftigt.

In Fig. 154 ift an der neueren Geftalt des Trägerquerfchnittes links eine gewöhnliche Einfchubdecke mit geputzter Deckenfchalung gezeigt. Der Hohlraum in der oberen Gurtung ift mit einer nagelbaren Mifchung aus Afphalt und Holzabfällen heifs ausgefüllt, fo dafs auch hier unmittelbare Nagelung der Fufsbodenbretter, wie bei *Gocht*, ermöglicht ift; die Träger werden mit diefer Füllung angeliefert. In die untere Gurtung laffen fich, zufolge der gewählten Form des Gurtungsquerfchnittes,

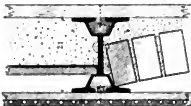
100) Siehe: Deutfche Bauz. 1886, S. 96, 555; 1887, S. 44.

101) Siehe: Deutfche Bauz. 1886, S. 129, 298. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 146, 234. — Civiling. 1886, S. 283.

Holzklötze feſt einklemmen, an deren Unterfläche die Deckenſchalung befeſtigt wird. Gelegenheit zur Auflagerung der Einſchubbretter giebt der obere Abſatz der unteren Gurtung.

Beide Träger, der von *Gocht* und jener von *Klette*, namentlich der letztere, zeichnen ſich durch vergleichsweiſe hohe Widerſtandsmomente und breite Lagerflächen der unteren Gurtung aus, welche die Auflagerung auf die Wände weſentlich erleichtern. Beide ſind wiederholt zur Zufriedenheit der Ausführenden zur Verwendung gelangt.

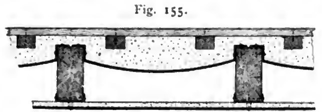
Fig. 154.



Ein dem *Klette*'ſchen Träger ſehr ähnlicher kann auch aus zwei Trapezeiſen von *Lindſay* [102]) zuſammengeſetzt werden, wenn man je ein ſolches Eiſen mit dem Boden auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung eines I-Eiſens nietet. In Kap. 9 (bei Berechnung der eiſernen Träger) wird hiervon noch eingehend geſprochen werden.

Im Gegenſatze zu dieſen Konſtruktionen mit Eiſenbalken und hölzerner Stützung des Fuſsbodens werden in England Decken verwendet, bei denen die Träger wieder Holzbalken, die Teile, welche den Fuſsboden tragen, aber aus Eiſen, und zwar aus Eiſenblech, hergeſtellt ſind (Bauart *Edwin May*). Ein Beiſpiel dieſer vielfach verſchiedenen Anordnungen zeigt Fig. 155. Auf die Balken ſind 6 bis 8 mm ſtarke Hängebleche genagelt, welche mittels Bettung und Lagerbohlen den Fuſsboden aufnehmen. Nach unten iſt die Balkenlage gleichfalls durch ein ſchwaches Blech abgeſchloſſen. Die Teile ſind zugleich ſo angeordnet, daſs die Decke einen hohen Grad von Feuerſicherheit erhält. 76. Engliſche Konſtruktionen.

Fig. 155.



Von oben kann die Hitze nicht eindringen, da die Holzteile des Fuſsbodens nur mit der feuerſicheren Ausfüllung in unmittelbarer Berührung ſtehen. Unten iſt das Blech mittels eiſerner Hülſen für die Nägel etwas von den Balken entfernt gehalten; der Zwiſchenraum iſt mit Füllſtoff geſchloſſen und jeder Balken unten noch mit einer Blechkappe verſehen.

Bedenklich ſind ſolche Anordnungen mit dünnen Blechen in feuchten Räumen, da die Bleche leicht durchroſten; ſie müſſen jedenfalls durch guten Anſtrich oder Verzinkung geſchützt ſein.

Als weiteres Beiſpiel iſt hier die Decke von *Peaſe* in Stockton-on-Teas mit Bohlenbalken und Fachausfüllung aus Eiſenblech anzuführen, die zuſammen mit den eiſernen Decken in Kap. 5 (bei Fig. 375) ausführlicher beſchrieben werden wird.

---

4. Kapitel.

Balkendecken in Stein, Mörtel oder Beton und Eiſen.

Hierher gehören Anordnungen, bei denen eiſerne Träger die eigentlich tragenden Teile der Deckenkonſtruktion bilden, und die Ausfüllung der Trägerfache ganz oder zum Teile mit Stein, bezw. mit Mörtelkörpern erfolgt; in der Regel hat dieſe Fachausfüllung dann auch die Fuſsbodenlaſt zu tragen. 77. Vorbemerkungen.

102) Engliſches Patent: — Siehe auch: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289 — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 389.

Für Decken der hier zu besprechenden Art ist in den letzten Jahren eine übergroße Zahl von Formen und Ausbildungsweisen entstanden, über welche eine richtig abwägende Ueberſicht heute noch ſchwer zu erreichen iſt. Das Streben faſt aller größerer Baugeſchäfte, zu Anpreiſungszwecken über ein Patent auf dieſem Gebiete zu verfügen, erſcheint als Anlaſs zur Entſtehung einer groſsen Zahl von Konſtruktionen, für die ein thatſächliches Bedürfnis gegenüber ähnlichen, ſchon vorhandenen, gar nicht vorlag. Auch hier muſs wieder betont werden, daſs die Art und Weiſe der Handhabung der Patentgeſetzgebung fördernd auf dieſe Verhältniſſe eingewirkt hat, inſofern vielfach unweſentliche, nur nebenſächliche Formgebungen oder Abänderungen der Wirkungsweiſe betreffende Verſchiedenheiten als genügend für die Begründung eines neuen Patentes angeſehen worden ſind.

Nachdem z. B. auf die Verbindung des Eiſens mit Mörtelarten, wie ſchon in Fuſsnote 66 (S. 61) betont wurde, zwei gleichartige Patente erteilt waren, hat man, wohl durch dieſen Vorgang gezwungen, eine weitere groſse Zahl von Patenten auf dieſelbe Verbindung erteilt, je nachdem die Form des Eiſens oder die Ausgeſtaltung der Umgebung verändert war. Und doch liegt genau dieſelbe Wirkung vor, mag das Eiſen in Geſtalt von Draht, Bandeiſen, Netzen, Geweben oder Walzformen, und mag die Umgebung als Mörtel, Beton oder Mauerwerk erſcheinen. Man iſt auf dieſem Wege allmählich zu einer Kleinlichkeit der Unterſcheidungsmerkmale gelangt, welche die Zahl der Patente eine ſehr groſse hat werden laſſen, und die in den zahlreichen Patentprozeſſen wegen der Notwendigkeit gleicher Rechtſprechung für alle die Anerkennung von Verſchiedenheiten auch bei ſolchen Anträgen bedingte, bei deren Inhalt dieſelbe Hauptwirkung vorlag wie bei den früher erteilten Patenten.

Dieſe Sachlage hat nach vier Richtungen ſchädlich gewirkt.

Zunächſt hat ſie eine ſehr groſse Zahl von Konſtruktionen da entſtehen laſſen, wo wegen des Maſſenverbrauches und zum Zwecke ſchneller Sammlung maſsgebender Erfahrungen über die billigſte und beſte Herſtellungsweiſe gerade eine geringe Zahl von Ausführungsformen erwünſcht geweſen wäre und auch genügt hätte.

Zweitens ſind beim Suchen nach neuen patentfähigen Deckenbildungen immer verwickeltere Formen und Konſtruktionen entſtanden, deren Schwierigkeiten in keinem vernünftigen Verhältniſſe zu den zu erzielenden Erfolgen ſtehen, und die nur verwirrend auf die Anſchauungen über Erforderniſſe und Wirkungen der Decken gewirkt haben.

Drittens haben die zahlreichen Patentſtreitigkeiten viele Bauherren und Unternehmer veranlaſst, ein rechtlich ſo bedenkliches Gebiet gar nicht zu betreten, und ſich mit den alten Konſtruktionen zu begnügen, obwohl doch gerade auf dem Gebiete der Deckenausbildung die neueren Anſchauungen würdig und berufen ſind, ſchnellſte Verbreitung zu finden.

Viertens haben die Vielgeſtaltigkeit, alſo die Unmöglichkeit der Vorbereitung im groſsen, die verwickelte Durchbildung und der Aufſchlag des Gewinnes der Patentinhaber vielfach zu Preiſen geführt, die abſchreckend wirken muſsten.

Dieſer unnatürlichen Sachlage gegenüber muſs in der nächſten Zukunft das Beſtreben der Techniker darauf gerichtet ſein, eine Sichtung der überreichen Muſterkarte vorzunehmen, und eine geringe Zahl einfacher und nach neueren Anſchauungen guter, womöglich nicht patentierter Konſtruktionen für die allgemeine Verwendung auszuſondern, die mit gleichem Gewichte an die Stelle der heute als überwunden

zu bezeichnenden, früher allgemein und einheitlich verwendeten Decken zu treten berufen erfcheinen. Sollte das vorliegende Heft diefes »Handbuches« noch einmal aufgelegt werden, fo hoffen wir dann der in diefem Sinne vereinfachend vorgegangenen Bautechnik fchon durch Streichen mancher nicht bewahrten Konftruktion folgen zu können; für heute bleibt nichts anderes übrig, als in den Verfuch einer vollftändigen Darftellung des Vorliegenden einzutreten.

Die Ueberficht über das ganze Gebiet zu gewinnen, foll unter Durchführung der folgenden Einteilung verfucht werden. 78. Einteilung.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung:
1) aus gewöhnlichen oder befonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenfteinen;
2) aus dünnwandigen Hohlkaften;
3) aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen;
4) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen.

b) Ausfullung der Trägerfache mit Platten:
1) aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen;
2) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen;
3) aus dünnwandigen Hohlkaften
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen;
4) aus gewöhnlichen oder befonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenfteinen
α) ohne Eifeneinlagen,
β) mit Eifeneinlagen.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung.

1) Wölbung aus gewöhnlichen oder befonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenfteinen.

Eine häufig vorkommende Deckenkonftruktion ift diejenige, bei der zwifchen die eifernen Träger gewölbte Kappen eingezogen werden[103]). 79. Auswölbung

Fig. 156 zeigt drei Abarten diefer Anordnung. Zwifchen die in einzelnen Fällen bis zu $3,0$ m, gewöhnlich etwa $1,5$ m voneinander entfernten Träger werden $^1/_2$ Stein ftarke Kappen gefpannt, deren Kämpfer durch zugehauene (Fig. 156 links) oder geformte Steine (Fig. 156 am rechtsfeitigen Träger links) oder Mörtel (156 am rechtsfeitigen Träger rechts) oder Beton gebildet werden. Die zweite diefer Anordnungen fchützt den Träger von unten her gegen Feuer.

Als Mörtel wird meift Zementmörtel im Mifchungsverhältniffe 1 : 3 verwendet. Die Lehrbogen fur die Schalung werden auf kleinen Hängerüftungen angebracht

[103]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159; 1888, S. 63. — Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 67.

und beftehen aus kreisförmig gefchnittenen Brettern; bei *Moller*'fcher Wölbung kann man die Lehrbogen auf den Hängerüftungen unter den Trägern gleiten laffen. Der Pfeil der Bogen richtet fich nach der Trägerhöhe, da fich der Scheitel der äufseren Laibung thunlichft nicht über die obere Gurtung erheben foll. Das Hervortreten der Gewölberücken ift jedoch bei geringer Trägerhöhe nicht immer zu vermeiden.

Der Raum über den Gewölben wird zweckmäfsig mit trockenem Sande, beffer mit einem ganz mageren Gemenge von Zement oder Kalk mit Sand (1 : 10) oder einem Beton aus Schlacken und Kalkmilch gefüllt. Diefe Füllung trägt dann in der Regel mittels eingebetteter Lagerhölzer den hölzernen Fufsbodenbelag, welcher voll aufliegen foll, oder die Füllung nimmt je nach der Benutzung der Räume Eftriche aus Gips, Zement, Beton oder Afphalt auf, oder fie wird mit Fliefenbelägen abgedeckt.

Diefe Auswölbung mit vollen Steinen ift bei der Erweiterung des Regierungsgebäudes zu Hildesheim [104]) in ausgedehntem Mafse unter völliger Umhüllung der unteren Gurtung der eifernen Träger nach der zweiten Anordnung in Fig. 156 zur Ausführung gekommen.

Man hing zunächft mittels Hängebügel, ähnlich dem in Fig. 156 dargeftellten, mit Seitenteilen aus Rundeifen und Ober- und Unterteil aus Bandeifen eine breite Bohle unter jeden Balken, auf welcher die den Trägerflanfch einhüllende Reihe aus Dreiviertelfteinen in Zementmörtel verfetzt wurde. Nachdem diefe abgebunden war, unterftützte man wieder ähnlich, wie in Fig. 156, kleine Lehrbretter auf den überragenden Seitenkanten der Bohlen und wölbte nun die Kappen mit Vollfteinen aus.

Fig. 156.

Die Arbeit der Kappenwölbung wurde für 1,75 Mark für 1qm, einfchl. Verfetzen der Trägerfteine, vergeben. Eine glatte Kappe ohne Trägerumhüllung hätte 1,35 Mark gekoftet. 1000 Stück verzierte Dreiviertelfteine für fchwächere Balken kofteten 81,5 Mark, für die ftärkeren Unterzüge 103,5 Mark. Die gefamten auf die Einhüllung der Trägerunterflanfche entfallenden Koften betrugen durchfchnittlich 3,38 Mark für 1 lauf. Meter Träger. Der durch das kräftige Hervorheben der Träger zwifchen den Kappen mittels der unbedeckten Hüllenfteine erzielte Eindruck ift ein guter.

Für viele Räume ift die gewölbte Unterfläche der Balkenfache unerwünfcht. Das Anbringen einer glatten, gefchalten und geputzten Decke kann, auch wenn die unteren Gurtungen der Träger mit Stein eingehüllt find, erzielt werden, indem man in die Auswölbung fchmale Bohlenftücke mit einmauert, deren Unterkante bündig mit den tiefften Steinteilen liegt und zum Anbringen der Deckenfchalung benutzt wird[105]). Uebrigens wird die Herftellung ebener Decken in Kap. 6 Gegenftand befonderer Erörterung fein.

Von befonderer Wichtigkeit ift bei diefen Decken neben der Seitenfteifigkeit der Träger möglichfte Leichtigkeit der Fachausfüllung, da diefe zur Verminderung des Kappenfchubes beiträgt. Daher find künftliche porige oder Tuffftein-Schwemmfteine für folche Auswölbungen befonders geeignet. Auch Kunftfteine aus Afche und Mörtel find für folche Zwecke vorgefchlagen worden.

Bei einer beftimmten Bauausführung wurden die 2m weiten Trägerfelder bei 21cm Pfeil 12cm ftark in Tuffftein und gewöhnlichem Schwarzkalkmörtel ausgewölbt und die Zwickel dann mit Schlacken-

104) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201.

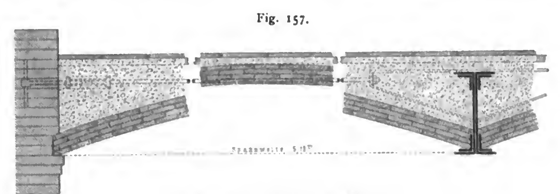
105) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 65

beton aus 3 Teilen Kohlenfchlacke und 1 Teil Weifskalk überftampft. Die Ausführung erfolgte kurz vor Eintritt des Froftes (Mitte Dezember), die Ausrüftung nach Aufgang des Froftes in den ungefchützten Kappen (im April). Die Kappen wurden dann mit 1250 kg auf 1 qm über die ganze Breite, mit 1880 kg auf 1 qm einfeitig bis zur Mitte und mit 1525 kg auf 1 qm in der Nähe des Scheitels belaftet, während Nagelarbeiten am Fufsboden mit fchweren Hämmern nahe der Laft ausgeführt wurden. Hierbei wurde kein Rifs beobachtet.

Bei 1970 kg für 1 qm einfeitiger Belaftung zeigte fich dann ein Rifs, 75 cm vom belafteten Kämpfer entfernt, in der inneren Laibung. Nach zweitägiger Ruhe wurde weiter belaftet, und bei 2000 kg auf 1 qm entftand auch ein Rifs 5,5 cm vom unbelafteten Kämpfer in der äufseren Laibung. Bei 2400 kg auf 1 qm einfeitiger Belaftung erfolgte fchliefslich der Bruch.

Dafs diefe fchwere Decke durch Verwendung von Lochfteinen oder Schwemm- und porig gebrannten Steinen erleichtert werden kann, bedarf keiner befonderen

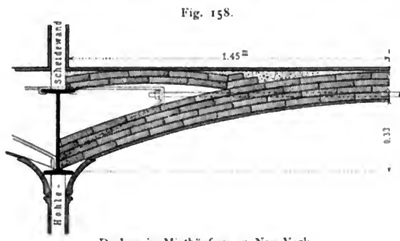
Fig. 157.



Vom Haufe des Arion-Klub zu New-York.
1/50 w. Gr.

Betonung. Zu weiterer Gewichtsverminderung find die in Fig. 76 (S. 52) für Holzbalkenfache fchon dargeftellten Excelfior-Leichtfteine von *F. Steffens* in Aachen eingeführt, welche aus Gips, Wafferkalk oder Zement, Kohlenafche und Sägemehl oder Lohe geformt find, und bei 25 × 12 × 10 cm Ausmafs nur 2 kg wiegen, dabei nach Feftftellungen in der Verfuchsanftalt zu Charlottenburg 28,2 kg für 1 qcm Feftigkeit gegen 10,9 kg für 1 qcm der Schwemmfteine befitzen.

Fig. 158.



Decken in Miethäufern zu New-York.
1/20 w. Gr.

Verankerte Auswölbungen von ganz befonders bedeutenden Abmeffungen, wie fie der nordamerikanifche Architekt *Guaftavino*, z. B. in der öffentlichen Bibliothek zu Bofton[106]), im Gebäude des Arion-Klub und vielen Wohngebäuden in New-York, fowie auch in Speichern und Seidenwebereien zu Barcelona ausgeführt hat, find in Fig. 157 u. 158 dargeftellt.

Die Wölbung wird in gebrannten Thonplatten von 30 × 15 × 2,5 cm, die unterfte Schicht mit einem fchnell bindenden Patentmörtel, die übrigen mit gewöhnlichem Zementmörtel ausgeführt. Man kann fich hiermit der im einzelnen Falle erforderlichen Stärke fehr genau anfchliefsen, während die vollen

[106]) Siehe: *Engng. news*, Bd. 24 (1889), S. 434.

Backſteine in dieſer Beziehung ſehr unhandlich ſind. Die Unterfläche der unterſten Schicht wird auch glaſiert ausgeführt.

Die Bogenzwickel ſind in Fig. 157 mit leichtem, magerem Beton überſtampft, der den Träger ganz einhüllt; in den Beton ſind leichte Fuſsbodenlager eingeſtampft, auf denen ein Bretterfuſsboden befeſtigt iſt. Um das ſo entſtehende bedeutende Gewicht zu vermeiden, ſind in Fig. 158 Hohlräume in den Bogenzwickeln durch Aufſetzen kleiner Kappen auf die groſsen gelaſſen. Die Verankerung iſt aus Rundeiſen und Flacheiſenbogen ſo angeordnet, daſs ſie leicht in Spannung verſetzt werden kann, ganz im Mauerwerke bleibt, alſo dem Feuer nicht ausgeſetzt iſt, und die Träger möglichſt in ganzer Höhe faſst.

Feuerſicher iſt aber dieſe Decke nicht vollkommen, da das Feuer die Träger von unten erreichen kann; denn auch in Fig. 158 iſt eine notdürftige Deckung der Träger nur da erreicht, wo Zwiſchenwände unter ihnen ſtehen.

Die Spannweite der einzelnen Kappen wird bei 1/10 Pfeilverhältnis bis zu 12,2 m ausgeführt, wobei die Anzahl der Plattenſchichten von 2 bis 6 ſteigt; 3 Schichten reichen unter gewöhnlichen Verhältniſſen bis 3,7 m. Der Preis dieſer Decke wird je nach der Dicke der Wölbung von der geringſten bis zur gröſsten zu 13,5 bis 31,0 Mark für 1 qm angegeben.

Nach angeſtellten Verſuchen iſt die Tragfähigkeit dieſer Deckenkonſtruktion bei 10-facher Sicherheit gegen Bruch ermittelt, wie folgt:

Stichbogentonne			Böhmiſche Kappe		
Weite	Anzahl der Plattenſchichten	Tragfähigkeit	Weite	Anzahl der Plattenſchichten	Tragfähigkeit
1,5	2	4820	1,5 bis 3,7	2	4000
1,5 bis 3,7	3	3000	3,7 bis 4,9	3	4520
3,7 bis 4,9	4	3000	4,9 bis 6,1	4	4800
4,9 bis 6,1	5	3000	6,1 bis 7,3	5	5000
6,1 bis 7,3	6	3000			
Meter		Kilogr. für 1 qm	Meter		Kilogr. für 1 qm

Eine Feuerprobe mit einer *Guaſtavino*-Decke [107]), angeſtellt vom New-Yorker Stadtbauamte in einem für ſolche Verſuche beſtimmten und eingerichteten Gebäude, ergab bei 4167 mm und 3353 mm Grundabmeſſung des halb mit Stützmäuerchen und Hohlräumen, halb mit Betonzwickeln überdeckten Kloſtergewölbes die folgenden Beobachtungen.

Das Gewölbe beſtand aus drei Lagen hartgebrannter Thonplatten von 305 × 152 × 25 mm Gröſse, von denen die unterſte in ſchnell bindendem Gips, die oberen in Zementmörtel verlegt waren; das Pfeilverhältnis des Gewölbes, deſſen Schub durch Kämpferträger und Anker aufgenommen wurde, betrug 1 : 10 der kleineren Weite. Auf der Seite der Stützmäuerchen war ein Fuſsboden aus zwei ſolchen Plattenlagen aufgebracht; in den Betonzwickeln lagen Holzlager.

Die 5 Stunden unter der mit 730 kg für 1 qm belaſteten Decke auf durchſchnittlich 1150 Grad C. erhaltene Hitze hatte den Erfolg, daſs ſich die Decke 19 mm im Scheitel hob. Ein Spritzenſtrahl, unter 4,2 Atmoſphären Preſſung von unten gegen die heiſse Decke gerichtet, löſte einige Platten der unterſten Lage, während die beiden oberen unverändert blieben, ein Beweis für die mindere Beſtändigkeit des Gipsmörtels. Die abgeſchreckte Decke zeigte 5,0 mm Durchbiegung, die nach Abnahme der Laſt auf 4,3 mm ſank. Bei einer Belaſtungsprobe mit 3000 kg für 1 qm am folgenden Tage entſtand eine Senkung von 9,4 mm. Nach Erſatz der abgefallenen Platten wurde die Probe 7 Tage ſpäter wiederholt; auch die zweite Probe lieſs das Gewölbe im weſentlichen in ſeiner Tragfähigkeit unbeeinträchtigt.

Ein leichte Auswölbung liefert die 1/4 Stein ſtarke Kappe nach Fig. 159 [108]). Die ganz ungelochten Träger nehmen mittels eingeſetzter Holzklötze kleine, mit ihrer Oberkante mit den Trägern bündig liegende Leiſten auf, welche den Fuſsboden tragen. Dieſer ruht nicht unmittelbar auf der wenig tragfähigen Ausfüllung, ſondern

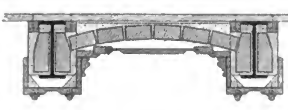
[107]) Siehe: *Engng. news*, Bd. XXII (1889), 9. Nov.; Bd. XXXVII (1897), S. 225, 255.

[108]) Vergl. auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 409

überträgt die Verkehrslaft unmittelbar auf die Träger. Die Ausfüllung ift aus flach liegenden, porigen Steinen gebildet, welche gewölbeartig auf in die Trägerflanken gefetzten Kämpferftücken ruhen. Die Fugen find mit Kalkmörtel gefüllt.

Um die Dichtigkeit zu erhöhen, ift diefe Wölbung oben mit einer dünnen Sandfchicht abgeglichen. Die Wölbung verfpannt zugleich die Holzklötze fo, dafs fie nicht aus den Trägern fallen können. Unter der Ausfüllung ift an den Klötzen die Trägerverfchalung verfchraubt, welche auf ihrer Oberkante die in Rahmen und Ausfüllung gearbeitete Deckentäfelung trägt.

Fig. 159.

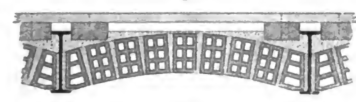


Da das Gewicht der porigen Steine bis auf 1000 kg für 1 cbm finkt, fo hat diefe im Aeufseren reiche, trotzdem nur wenig Höhe einnehmende Decke ein fehr geringes Gewicht. Sie geftattet jedoch keine fehr weite Trägerteilung, da der unterftützte Fufsboden bei grofser Weite der Fache und gewöhnlicher Stärke zu grofse Durchbiegungen annehmen würde. Die gewöhnliche Trägerteilung ift auch hier 75 cm.

Wird diefe $\frac{1}{4}$ Stein ftarke Wölbung aus gut gebrannten, porigen oder Lochfteinen in Zement- oder verlängertem Zementmörtel ausgeführt, fo kann man fie den in Wohnräumen gewöhnlich vorkommenden Laften unbedenklich ausfetzen, alfo den Fufsboden auf die Kappen wirklich auflagern.

Eine befondere Abart diefer Wölbung bildet das Zackengewölbe[109]), welches bei geringer Weite aus gewöhnlichen Mauerziegeln, bei gröfseren Weiten aus Wölbziegeln hergeftellt werden foll, und zwar erfolgt die Wölbung in *Moller*'fcher Art auf einer Holzlehre, welche der durch Vorfpringen der Steinkanten zackig gebildeten Unterfläche entfprechend ausgefchnitten ift. Der Bogen erhält, nahezu wie ein fcheitrechter geformt, fehr geringen Pfeil. Die zur Aufnahme des Putzes rauh geformte Unterfläche und der geringe Pfeil werden als befondere Vorteile gerühmt; jedoch erzeugt letzterer ftarken Schub; erftere ruft ungleichmäfsige und ungewöhnliche Stärke des Putzes hervor. Diefe Konftruktion ift einer fehr flachen Auswölbung in keinem wefentlichen Punkte überlegen. 80. Zackengewölbe.

Fig. 160.



Die Auswölbung mit Lochfteinen (Fig. 160) wird wie die mit Vollfteinen ausgeführt, wobei der Kämpfer entweder in Mörtel oder, da die Lochfteine[110]) kein Zuhauen geftatten, in entfprechenden Formfteinen anzulegen ift. Die Bemeffung der Kappen kann wie bei Verwendung von Vollfteinen erfolgen, da die Tragfähigkeit von der der vollen Kappen nicht erheblich verfchieden ift[111]). 81. Wölbung mit Lochfteinen.

Nach franzöfifchen Verfuchen[112]) kann eine derartige Kappe bei 4 m Weite, 0,11 m Stärke und $\frac{1}{10}$ Pfeil unbedenklich mit 1000 kg auf 1 qm belaftet werden. In der allgemeinen Anordnung auch des Fufsbodens weicht diefe Konftruktion von der mit Vollfteinen nicht ab. Fig. 160 zeigt insbefondere einen hölzernen Fufsboden,

[109]) Siehe: Bautechniker 1884, S. 273 (Patent *Schober*).

[110]) Ueber die Feftigkeit der Lochfteine fiehe Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 2: Thonerzeugniffe diefes »Handbuches«.

[111]) Eine einfchlägige Konftruktion vom *Lycée Janfon de Sailly* zu Paris, bei welcher die 26 cm hohen I-Träger paarweife gelegt find, die lichte Weite der Kappen 1,90 m, die Pfeilhöhe 16 cm, die Wölbdicke im Scheitel 8 cm und jene am Kämpfer 11 cm beträgt, ift befchrieben in: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

[112]) Siehe: *Annales induftr.*, Bd. 7 (1883), S. 135.

welcher wegen der geringen Trägerhöhe nicht unmittelbar auf der Ueberfüllung des Bogens ruht. Wegen des geringen Gewichtes der Hohlziegel von etwa 1200 kg für 1 cbm können die Träger dieser Decken nicht unerheblich leichter sein, als diejenigen der Wölbungen aus Vollsteinen.

82. Scheitrechte Bogen.

Auch scheitrechte Bogen[113]) werden für den Zweck verwendet, bei denen man die Kämpfer- und Schlufsstücke aus vollen Steinen haut oder aus Mörtel bildet. Fig. 172 zeigt einen solchen aus Lochsteinen mit lotrechten Fugen. Zur Erzielung des üblichen Fugenschnittes werden auch rhomboidische Lochsteine mit dreieckigen Kämpfer- und Schlufsstücken nach Fig. 161 verwendet.

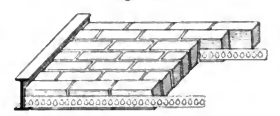
Fig. 161.

Die verhältnismäfsig hohe Tragfähigkeit solcher Kappen aus Lochsteinen folgt einerseits aus dem Umstande, dafs die Tragfähigkeit gemauerter Körper viel mehr von derjenigen des Mörtels und von der Verbindung des Mörtels mit den Steinen abhängt, als von der Festigkeit der Steine an sich, andererseits daraus, dafs die Lochsteine in der Regel mehr durchgearbeiteten, daher gleichmäfsigeren und stärker geprefsten Thon und in den dünneren Körpern gleichmäfsigeren Brand aufweisen als die Vollsteine.

83. *Sümmermann's* Gewölbeträger.

Ein Mittelding zwischen Auswölbung mit Voll-, Loch- oder Leichtsteinen und reiner Plattenbildung aus solchen bildet die *Sümmermann*'sche Decke, die aber als »Gewölbeträgerdecke«[114]) hier mit angeführt werden mufs. Zwischen die Balken werden nach Herstellung einer ebenen Schalung unter diesen je nach der verlangten Tragfähigkeit in Abständen von 25 bis 40 cm nach Fig. 162 »Wellblechschienen« (Fig. 163) zugleich mit den durch Unterlegen von Holzleistchen in die Gestalt eines scheitrechten Bogens von drei bis fünf Schichten gebrachten Querreihen der Steine eingelegt, die beim Vermauern sorgfältig mit Mörtel eingehüllt werden. Diese wechselseitig mit eingeprefsten Buckeln versehenen, gewöhnlich 2×60 mm starken »Wellblechschienen« bilden mit den schräg anlaufenden Buckeln und dem an diesen Buckeln haftenden Mörtelstreifen der Kämpferfugen die Widerlager der einzelnen kleinen scheitrechten Kappen. Die schräge Stellung der einzelnen Steinreihen verhindert ihr Herausrutschen nach unten; deshalb ist das Ausrüsten dieser Fachausfüllungen unmittelbar nach der Herstellung statthaft. Die zackige Unterfläche befördert das Anbinden des Deckenputzes; doch treten nicht die weitgehenden Ungleichmäfsigkeiten in der Dicke des Putzmörtels auf, wie beim Zackengewölbe (siehe Art. 80, S. 89). Werden die letzten Steine an den Trägern unten etwas ausgeklinkt, so kann man die Steinunterfläche so tief legen, dafs der Putz unter den Trägern schlicht hingezogen werden kann, zu welchem Zwecke der Unterflansch in ein den Mörtel anheftendes Drahtnetz gehüllt wird. Der rechtsseitige Querschnitt in Fig. 162 zeigt die gleichartige Konstruktion einer wirklich

Fig. 162.





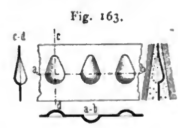
[113]) Siehe: Triumphdecke von *Pulda*. Deutsche Bauhütte 1900, S. 238

[114]) Patent *F. J. Schurmann*, Munster i. W. 80653, jetzt an *J. F. Kleine & A. Stapff* verkauft; wir kommen hierauf unter b, 4, β bei den Steinplatten mit Eiseneinlagen (Fig. 356) zuruck. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 38, 39. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 46. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006.

ſcheitrechten Decke aus Lochſteinen. Da die Wellblechſchienen die für »Gewölbeträger« der Aufnahme des Schubes wegen nötige ſeitliche Widerſtandsfähigkeit nicht beſitzen, ſo iſt man in dieſer Beziehung auf den Gegenſchub der Nachbarkappen angewieſen, deſſen Aufnahme ſchlieſslich am Fachende durch die Mauern oder ſonſtige Widerlagskörper erfolgen muſs. Dieſe Leiſtung der Nachbarkappen iſt bei dem flachen Pfeile leicht zu erzielen.

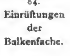
Da nun aber das Ganze im Verband in Mörtel verſetzt wird, ſo tritt die Wirkung einer in jeder dritten bis fünften Fuge mit einem Eiſenbande verſehenen Mauerwerksplatte von der Fachbreite als Spannweite um ſo mehr auf, je mehr man die Aufnahme der Schubwirkung von Kappe zu Kappe und im äuſseren Kämpfer der letzten Kappe unmöglich macht. Wegen dieſer Wirkung wird es nötig ſein, unter b, 4, β nochmals auf dieſe Konſtruktion zurückzukommen, um ſie dort mit anderen Bauweiſen zu vergleichen, die ausſchlieſslich auf der Tragwirkung einer Mauerwerksplatte mit Eiſeneinlagen beruhen.

Fig. 163.



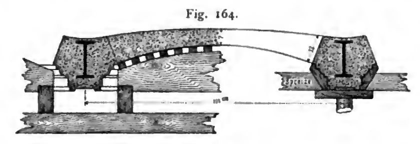
Werden die Steinreihen durch Ausklinken unter die Träger geſenkt, ſo werden dann die auf den Trägerflanſchen ruhenden »Wellblechſchienen« von ſelbſt auch von unten in den Mörtel gehüllt. Legt man die Steine glatt auf die Unterflanſche der Träger, ſo wird man die »Wellblechſchienen« höher einbetten müſſen, um ſie ganz einzuhüllen; ſie ruhen dann ſtatt auf den Trägern auf dem Mörtel.

Die Tragfähigkeit dieſer mehrfach verwendeten Decke genügt den Anforderungen gewöhnlicher Wohn- und Betriebsräume reichlich. Unter beſonders ſchweren Laſten wird ſie jedoch beſſer nicht verwendet.


84.
Einrüſtungen der Balkenfache.

Wie die Fache der meiſten in der Folge zu beſprechenden Decken erfordern diejenigen der auszuwölbenden Decken eine vollſtändige Einrüſtung. Stellt man dieſe durch Holzeinrüſtung von unten her, wie es bezüglich der unmittelbaren Stützung der Kappen — hier aus Beton — in Fig. 164 dargeſtellt iſt, ſo wird die Rüſtung nicht allein zeitraubend und teuer, ſondern ſie ſtört auch faſt alle anderen Arbeiten im unterliegenden Raume. Seit Einführung der eiſernen Balken iſt daher das Beſtreben erkennbar, die Balken ſelbſt als Rüſtträger zu benutzen, indem man ſie zur Aufnahme leichter und leicht zu beſeitigender Hängebügel benutzt, die ihrerſeits die Einrüſtung der Balkenfache tragen.

Fig. 164.



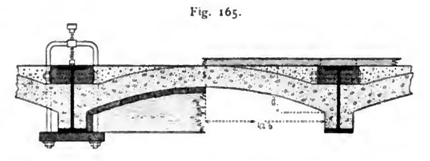
Solcher Hängerüſtungen giebt es bereits eine groſse Zahl. Wenn ſie auch in den dargeſtellten Ausbildungen zum Teil für andere Deckenarten beſtimmt ſind oder ſein können, ſo ſollen ſie des Zuſammenhanges wegen ſchon hier gemeinſam beſprochen werden. Bei ſpäter vorzuführenden Beiſpielen der Verwendung wird dann auf dieſe Stelle verwieſen.

Fig. 165 zeigt einen zweiarmigen Rundeiſenbügel, der mittels Druckſchraube im oberen Schluſſe leicht in die verlangte Höhe einzuſtellen iſt; unten trägt er mittels zweier Muttern eine Bohle, die, ſeitlich über den unteren Trägerflanſch vorragend, die Lehrbretter der Facheinrüſtung tragen. Sind nachher die Muttern, die

auch durch Splinte erſetzt werden können, unten gelöſt, ſo kann man die ganze Einrüſtung wegnehmen, die Bügel nach oben herausziehen und die verbliebenen kleinen Löcher mit Mörtel füllen.

Fig. 166 eignet ſich bei ſonſt ähnlicher Anordnung für Wölbung in Steinen beſſer, weil die rechtwinkelig zu den Trägern ſtehenden Flacheiſen in den Fugen leichter unterzubringen ſind. Zum Löſen dieſer Rüſtung ſchlägt man unten die Splinte los, zieht das Quereiſen heraus, löſt oben die beiden Stiſte in den Bügelecken, nimmt den oberen Schluſs ab und zieht die Flacheiſen nach unten aus der Decke. Die Höheneinſtellung muſs hier durch entſprechende Wahl der Höhen der von den Bügeln getragenen Rüſthölzer bewirkt werden.

Fig. 165.



Gleichartig iſt auch der Rüſtbügel von *Mirus* in Köln aus Flacheiſen [115]) gebildet.

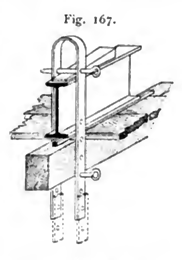
Einen weiteren ähnlichen einſtellbaren Rüſtbügel zeigt Fig. 167 [116]), deſſen Konſtruktion aus der Abbildung genügend klar hervorgeht; er iſt vornehmlich zum Anhängen an I-Balken beſtimmt. Dieſer Bügel kann nur nach oben herausgezogen werden, nachdem die Rüſtung unten beſeitigt iſt.

Fig. 166.



Einen ganz beſonders einfachen Rüſthaken giebt *J. Hillbrecht* in Huſum [117]) an. Dieſer beſteht aus einem unten zu einem Haken zweimal um 90 Grad umgebogenen Rundeiſen, an deſſen oberes Ende auf gröſsere Länge ein Gewinde angeſchnitten iſt. Der Haken wird ſo weit gebogen, daſs man zwei gewöhnliche Rüſtdielen bequem aufrecht nebeneinander hineinſtellen kann. Einen zweiten Teil bildet eine ſtarke, rechteckige Blechplatte, welche an einer Kante umgekrempt iſt, ſo daſs man ſie mit der Krempe um eine obere Flanſchkante haken kann, während ſie ſonſt auf der oberen Gurtung eines Trägers ruht. In der Mitte der der Krempe gegenüberliegenden Kante hat die Platte einen tiefen Ausſchnitt, deſſen Breite etwas gröſser iſt als der äuſsere Durchmeſſer des Hakengewindes. Die ausgeſchnittene Kante der Krempenplatte ragt noch erheblich über die Kante des breiteſten Trägers weg. Man ſchiebt nun den Haken von auſsen in den Schlitz der auf den Träger gehakten Krempenplatte, bis er an die Flanſchkante des Trägers ſtöſst, und dreht dann von oben eine mit langem Handbügel verſehene Mutter ſo an, daſs, wenn ſie oben auf der Krempenplatte ruht, unten der Haken in derjenigen Höhe ſteht, die nötig

Fig. 167.



115) D. R.-G.-M. 117 236. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 192.

116) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39.

117) D. R.-G.-M. 109 638. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1899, S. 639. — Preis bis 20 cm Trägerhöhe 0,90 Mark.

iſt, um die eingelegten Rüſtbohlen in die richtige Höhenlage zur Unterſtützung der Schalung zu bringen. Da man den Haken beliebig drehen kann, ſo ſind die von ihm getragenen Rüſtbohlen ſowohl parallel, als auch quer zu den Trägern einzubringen; der Rüſthaken trägt alſo Längsſchalung ebenſo gut wie Querſchalung.

Nach Fertigſtellung der Decke löſt man oben die Mutter, dann kann man den Haken nach unten herausziehen und oben die Krempenplatte abnehmen.

Fig. 168.

Daſs man mit dieſem Haken auch Lehren für gewölbte und vertiefte Balkenfache ſtützen kann, liegt auf der Hand.

Dieſer Rüſthaken dürfte von allen Mitteln zur Einrüſtung das einfachſte ſein.

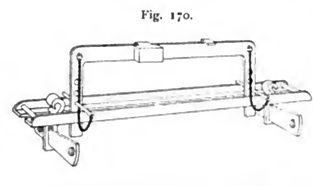
Bei allen bisher beſchriebenen Rüſtbügeln wird die Decke ſelbſt durchdrungen, ſo daſs ſie beim Löſen, wenn auch wenig, doch immerhin verletzt wird und geflickt werden muſs. Dieſen Uebelſtand mindert die Rüſtſchere von *K. Michael* in Zwickau (Fig. 168 [118]), welche lediglich die unteren Flanſchkanten in Anſpruch nimmt und ſich um ſo feſter klemmt, je ſchwerer ſie belaſtet wird. Bei ihr kann jedoch die richtige Höhenlage wieder nur durch entſprechende Wahl der Stärke der Rüſthölzer erzielt werden.

Fig. 169.

Die Einſtellbarkeit der Höhe nach wird auch bei ausſchlieſslicher Benutzung der unteren Flanſchkanten bis zu gewiſſem Grade durch *Lindemann*'s Traghaken (Fig. 169 [119]) erreicht, der, unten mit einem langen Schlitze und einem Keile ſtarken Anzuges ausgeſtattet, erhebliche Aenderung der Höhenlage der auf dem Keile ruhenden Hölzer geſtattet. Mit dieſem Haken iſt unmittelbar nur die Lagerung von Querhölzern möglich; will man ein Rüſtholz parallel zum Träger lagern, ſo muſs man zwei Haken mit einem Querſtücke auf den Keilen verwenden.

Dieſe Bügel dienen alle nur zum Stützen einer Einruſtung der Balkenfache, geben ſelbſt aber keine Rüſtung. Eine Reihe neuerer Konſtruktionen bezweckt gleichzeitig mit dem Anhängen an den unteren Trägerflanſch die Bildung von Lehrbogen, welche die Schalung tragen und entſprechend der Balkenfachbreite länger und kürzer gemacht, zum Teile auch für vertiefte Felder auf verſchiedene Höhe gegen die Träger eingeſtellt werden können.

Fig. 170.



Lindemann's Rüſtbügel (Fig. 170 [117]) wird mit den eben beſprochenen, auch ſelbſtändig verwendbaren Traghaken unter die Trägerflanſche gehängt, ſo daſs man ihn mittels dieſer Haken der Höhe nach ſchon bis zu einem gewiſſen Grade einſtellen kann.

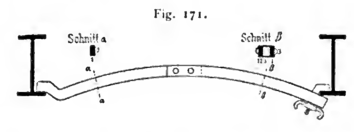
Liegt die Decke unter den Balken, ſo wird ſie von auf die Trageiſen gelegten Brettern unmittelbar getragen. Bringt man dabei die Traghaken in eine Bretter-

[118]) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 597.

[119]) D. R.-G.-M. 45879. — Siehe auch: HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 38. — Bezugsort Hannover.

fuge, fo fällt das Ausfchneiden der Bretter weg. Sollen vertiefte Balkenfache mit ebener Decke hergeftellt werden, fo fetzt man nach Fig. 170 aus Bandeifen hergeftellte, rechteckige Bügel mittels zweier Einfteckftifte in der verlangten Höhenlage auf die Trageifen; diefe Bügel beftehen aus zwei gegeneinander auf erhebliche Länge ausziehbaren Hälften, fo dafs Balkenfache verfchiedener Weiten gedeckt find.

Fig. 171.



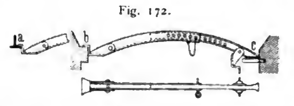
Für die hier behandelten, bogenförmig zu begrenzenden Balkenfache ftellt man entfprechend gefchnittene Bohlenftücke aufrecht in die Trageifen. Die Trageifen werden bis $2{,}20$ m Länge in drei Stufen geliefert. Die längften wiegen 9 kg und koften $3{,}30$ Mark.

Ausfchliefslich für gekrümmte Fache beftimmten Krümmungshalbmeffers ift der Rüftträger von *Spaniol* in Schiffweiler eingerichtet (Fig. 171 [120]).

Er ift befonders einfach, da er Hängerüftung und Bogen in einen Körper aus Bandeifen vereinigt. Der Eifenbügel ift am einen Ende einfach, am anderen doppelt, an erfterem zur Lagerung auf die untere Gurtung gekröpft und am anderen mittels im doppelten Flacheifen verfchieblicher Flügelfchraube leicht zu befeftigen. Da die Flügelfchraube im Schlitze gleiten kann, fo find nicht allzufehr verfchiedene Weiten mit demfelben Bügel einzurüften. Die Eifenbügel nehmen unmittelbar die Schallatten auf. Selbftverftändlich können diefe Bügel auch fo geformt werden, dafs fie für vertiefte Felder, wie in Fig. 168 paffen [121]).

Einen weiteren verftellbaren Lehrbogen von *Zimmermann* [122]) zeigt Fig. 172. Eine kreisförmig gebogene Schiene mit einer Reihe von Löchern läuft in einer entfprechend gelochten, unten gefchloffenen Kaftenfchiene und wird mittels Durchfteckftiftes gegen diefe feftgeftellt; der Durchfteckftift hängt an einem Kettchen. An beiden Enden find um einen Gelenkbolzen drehbar Lagerfchuhe angebracht, welche hochgeklappt das Aufhängen auf einen Trägerflanfch (*a* in Fig. 172) oder auf die Kante einer vorfpringenden Steinfchicht (*b* in Fig. 172) ermöglichen. Soll der Lehrbogen dagegen vor einer glatten Wandfläche auf einen in eine Fuge getriebenen Dollen gelagert werden, fo wird der Schuh niedergeklappt (*c* in Fig. 172).

Fig. 172.



85. Aufnahme des Kappenfchubes.

Diefe zwifchen die eifernen Träger eingefetzten Wölbungen üben nun einen beträchtlichen Seitenfchub auf die Träger aus, welcher für die an beiden Seiten Gewölbe aufnehmenden Träger bei voller Belaftung allerdings ganz, bei Belaftung nur eines der anfchliefsenden Gewölbe jedoch nach Mafsgabe des in Kap. 8 Vorzuführenden nur zum Teile zur Ausgleichung gelangt. Die Träger werden fomit nicht blofs lotrecht, fondern auch wagrecht belaftet, und da fie in der üblichen fchmalen I-Form gegen die letztere Art der Beanfpruchung nur wenig Steifigkeit befitzen, fo wird es in vielen Fällen nötig, diefe Schübe durch Anker aus Rundeifen oder fonftigen Zugverbindungen völlig aufzuheben, wobei dann für die freie Trägerlänge zwifchen den Ankern eine geringe Biegungsbeanfpruchung in wagrechtem Sinne übrig bleibt

[120]) Siehe: Deutfche Bauz. 1886, S. 507.

[121]) Vergl. fonft auch den Bogen von *Rilling* (D. R.-P. Nr. 3970), für verfchiedene Weiten und Pfeile, auch für ebene Platten unverändert verwendbar — fowie: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201

[122]) *Zimmermann*, Mafchinenfabrik in Köln-Ehrenfeld. — D. R.-G.-M. 76753. — Siehe auch: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 72.

Für derartige Anordnungen find daher folche Trägerquerfchnitte befonders zweckmäfsig, welche auch in feitlicher Richtung, d. h. für die lotrechte Mittelachfe berechnet, ein grofses Widerftandsmoment befitzen. Die Formeifen des »Deutfchen Normalprofilbuches« find leider in diefer Beziehung befonders fchwach; eine gröfsere Steifigkeit haben viele ältere I-Eifen einzelner Walzwerke. Solche Träger find die in Fig. 152, 153 u. 154 dargeftellten Patentträger von *Gocht* und von *Klette*, auch der zufammengefetzte von *Lindfay* (Fig. 439 [123]). Wie Fig. 154 rechts zeigt, ergiebt namentlich der *Klette*'fche Träger eine gute Kämpferanlage; ähnlich find auch die Verhältniffe beim Träger von *Lindfay*. Auch das enge Zufammenlegen je zweier gut miteinander verbundener Träger bildet ein gutes Mittel, um für weit gefpannte Kappen grofse Seitenfteifigkeit der Träger zu erzielen (z. B. wie in Fig. 168). Hier bilden die beiden in engem Abftande liegenden I-Träger gewiffermafsen die Gurtungen eines breiten wagrechten Kämpferträgers für die anfchliefsenden Gewölbe, deffen Wand durch die Ausfüllung zwifchen den Trägern gebildet wird. Um die fo zwifchen den Trägern und ihrer Ausfüllung entftehenden Längsfchubkräfte aufzunehmen, ift es zweckmäfsig, einige L-Eifenabfchnitte innen an die Trägerftege zu nieten (in Fig. 168 geftrichelt).

Für die von beiden Seiten eingewölbten Träger wird die feitliche Beanfpruchung felten fo grofs, dafs aus ihr eine unbequeme Stärke der Träger erwüchfe; im Endabfchluffe der ganzen Balkenanlage tritt aber der Schub des letzten Gewölbes frei auf, ohne einen Gegenfchub zu finden; hier mufs alfo ftets eine befondere Vorkehrung zur Aufnahme der Schübe getroffen werden. Bei ftarken Aufsenwänden des überdeckten Raumes kann man diefe als Widerlager des letzten Gewölbes benutzen. Einerfeits ift jedoch die Wandftärke, namentlich bei hoher Lage der Decke, nur in feltenen Fällen zur Aufnahme wagrechter Kräfte genügend; andererfeits hat es Bedenken, die übrigens ganz auf dem beweglichen Trägerrofte ruhende Decke mit der unbeweglichen Wand in fefte Verbindung zu bringen. Es wird daher in den meiften Fällen entlang der Abfchlufswand noch ein Träger zu legen fein, der nun dem vollen Seitenfchube ausgefetzt wird und daher der Verankerung bedarf. Stellt man zu diefem Zwecke mittels feft angezogener Bolzenanker eine das letzte Gewölbe umfaffende Verbindung des vorletzten mit dem letzten Träger her, fo kann man den fo entftandenen Körper als einen wagrecht liegenden Träger anfehen, deffen äufsere Gurtung vom letzten, deffen innere Gurtung vom vorletzten und deffen Wand von der letzten Kappe, in Verbindung mit den Zugankern, gebildet wird; diefer wagrechte Träger mufs nun im ftande fein, den vollen Schub der vorletzten Kappe auf die freie Länge des überdeckten Raumes zu tragen. Auch hier wird es unter Umftänden nötig werden, für die Aufnahme der Längsfchubkräfte zwifchen den beiden letzten Trägern und der von ihnen getragenen, als Trägerwand wirkenden Kappe Verfchiebungen verhindernde L-Eifenabfchnitte innen an die Trägerftege zu nieten, wie in Fig. 168.

Die beiden letzten Träger werden fonach bei voller Belaftung der beiden letzten Kappen am ungünftigften, und zwar in dreierlei Weife beanfprucht:

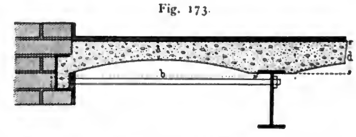
α) Als Träger auf zwei Stützen von der Breite des überdeckten Raumes in lotrechtem Sinne durch die volle Laft der Kappen; diefe Beanfpruchung fällt für den letzten Träger weg, wenn man ihn in die Mauer oder auf einen Mauerabfatz lagern kann, wie es in Fig. 173, allerdings für eine Betonwölbung, dargeftellt ift.

---

123) Siehe: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289.

b) Der letzte Träger an der Wand als durchlaufender Träger, deffen Oeffnungsweite gleich der Ankerteilung ift, in wagrechtem Sinne durch den von den Ankerzügen als Stützendrücken aufzuhebenden Schub der belafteten letzten Kappe; diefe Beanfpruchung fällt für den vorletzten Träger aus, weil fich an ihm die Schübe von beiden Seiten her ausgleichen.

Fig. 173.



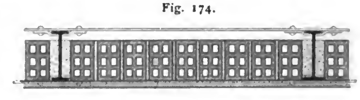
c) Als Gurtungen eines Trägers, deffen Höhe gleich der Trägerteilung ift, in wagrechtem Sinne durch den vollen Schub der belafteten vorletzten Kappe.

Auf diefer Grundlage wird in Kap. 8 die Bemeffung derartiger Decken vorgenommen werden.

Will man die Kappenfchübe unmittelbar in jeder Kappe aufheben, fo ift die in Fig. 174 u. 175 für eine andere Fachausfüllung dargeftellte Anordnung von Flacheifen zu empfehlen, da die Lochung aller Träger für Rundeifenanker höchft unbequem ift.

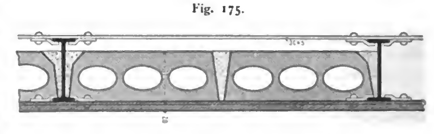
Da jedoch das untere der dargeftellten Bandeifen unter dem Gewölbe fichtbar liegen, fomit das Ausfehen ftören und bei geringem Feuer alle Tragfähigkeit verlieren würde, fo wird man fich bei gewölbten Fachen in der Regel auf das obere Flacheifen befchränken müffen, durch das aber gegenüber dem tiefer angreifenden Schube nur eine mangelhafte Wirkung und das Beftreben erzielt wird, die Träger um ihre Längsachfe zu drehen.

Fig. 174.



In der Regel werden deshalb durch Löcher der Trägerftege gezogene Rundeifenanker vorgezogen, die, wenn fie wirklich die Schübe jedes Feldes in diefem aufheben follen, in zwei benachbarten Feldern wagrecht fo weit gegeneinander verfetzt fein müffen, dafs jeder an jedem Ende eine Mutter oder einen Splint erhalten kann. Fefte Köpfe find an folchen Ankern unbequem, da fie das unbequeme Durchftecken des Ankers von einer Seite her durch beide Träger des Faches bedingen. Ganz durchlaufende Anker, welche nur die beiden letzten Träger der Lage faffen, durch alle anderen verfchieblich hindurchgefteckt find (Fig. 184), find zwar einfacher, heben aber die Schübe erft zwifchen den letzten Trägern auf. Ift dann z. B. das mittelfte Fach der Lage belaftet, fo mufs der Schub erft durch alle unbelafteten Kappen zu den letzten Trägern wandern, um hier erft durch die Anker aufgehoben zu werden. Die grofse Länge der Anker führt dabei durch das beträchtliche Reckungsmafs eine vergleichsweife grofse Nachgiebigkeit der letzten Träger herbei, alfo Bewegungen in den Fachwölbungen, die fehr unerwünfcht find.

Fig. 175.



Mittels durchlaufender Anker kann man die Ausgleichung der Schübe in jedem Felde nur erreichen, wenn man jedem Anker auf jeder Seite jedes Trägerfteges das erforderliche Befeftigungsmittel, Mutter oder Splint, giebt, eine Anordnung, die bei der Herftellung, wie beim Einbauen zu erheblichen Schwierigkeiten führt.

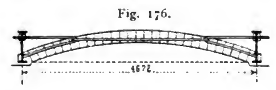
Die erſte der Konſtruktionen beſonderer Anker in jedem Felde iſt die verläſslichſte und einfachſte; es verdient aber nochmals betont zu werden, daſs es nach obigem meiſt genügt, ſolche Anker in den beiden letzten Balkenfachen anzubringen.

Dieſe Rundeiſenanker wirken am günſtigſten, wenn ſie in Höhe der Mitte der Kämpferfuge der Kappe eingezogen werden, da die Träger dann das geringſte Beſtreben haben, ſich um ihre Längsachſe zu drehen.

Da man die Anker aber meiſt dem Auge und dem Feuer zu entziehen wünſcht, ſo werden ſie häufiger, als an der bezeichneten Stelle, oberhalb des Scheitels der inneren Laibung angebracht, um ſie ganz in das Gewölbemauerwerk und ſeine Hinterfüllung einbetten zu können. Sie faſſen nun aber die Träger oberhalb des Angriffspunktes des Kappenſchubes, ſo daſs dieſe das Beſtreben erhalten, ſich mit dem Kopfe nach der ſtärker belaſteten Kappe hin um ihre Längsachſe zu verdrehen. Die Wölbſteine müſſen für das Durchführen des Rundankers behauen werden, ſoweit er nicht in Fugen unterzubringen iſt.

Wohl in der Abſicht, der verdrehenden Wirkung auf die Träger zu begegnen, werden ſolche Anker oft nach Fig. 176 ausgebildet, wie es auch z. B. in Fig. 157 u. 158 von *Guaſtavino* geſchehen iſt. Dabei iſt ſehr unbequem, daſs man die Anker auf die ganze Länge in das Gewölbemauerwerk einbetten muſs; wenn man ſich dieſe Mühe macht, ſo geſchieht dies wohl in dem Gedanken, die Träger dadurch am Verdrehen zu hindern, daſs man ſie oben und unten faſst. Dieſes Ziel wird aber nur erreicht, wenn man die Dreiecke, in die ſich der Anker an beiden Enden auflöſt, entſprechend ungleichſeitig macht und den Anker in der Spitze angreifen läſst. Dies iſt aber ſelten möglich, weil der Anker dabei wieder ſichtbar unter dem Gewölbeſcheitel liegen würde. Je mehr man das Dreieck dem rechtwinkeligen nähert, deſto weniger wirkt die längere Seite, und in dem rechtwinkeligen Dreiecke von Fig. 157, 158 u. 176 wirkt die ſchräge Seite gar nicht mehr; die Verankerung wäre ebenſo wirkſam, wenn man den oberen geraden Anker allein einzöge, wodurch ſie einfacher in der Ausführung würde. Das Beſtreben der Träger, ſich zu drehen, wird durch die rechtwinkeligen Dreiecke doch nicht aufgehoben. Wollte man den Träger wirkſam auch unten faſſen, ſo müſste man die Anker biegungsfeſt, etwa als Blechträger oder als Blechwände von der vollen Höhe der Tragbalken ausbilden, deren untere Begrenzung der verlangten Kappenform angepaſst wäre, und dieſe Trägeranker hätte man in voller Höhe mit den Trägerſtegen zu vernieten oder zu verbolzen. Dadurch wird die Verankerung aber ſchwerfällig und teuer; auch zerſchneiden ſolche ſteife Anker die Kappe in unerwünſchter Weiſe[124]).

Fig. 176.



2) Wölbung aus dünnwandigen Hohlkaſten.

Wie die nachfolgenden Beiſpiele zeigen werden, iſt der Gedanke, die Vorteile der gewöhnlichen Lochſteine durch Herſtellung groſser, dünnwandiger Stücke mit groſsen Hohlräumen, aus Thon gebrannt oder aus Mörtel gegoſſen, bereits alt. In groſsem Maſsſtabe iſt dieſe Bauweiſe jedoch erſt in der Neuzeit in Aufnahme gekommen; den nordamerikaniſchen Ziegeleien muſs das Verdienſt gelaſſen werden, 86. Einführung der Hohlkaſten.

124) Vergl. hierzu Teil III, Band 2, 3. Aufl. (Art. 281, S. 201) dieſes »Handbuches«.

den Gedanken, der viel früher in Deutſchland und Frankreich aufgetaucht und auch veröffentlicht war, zur Verwendung und Weiterentwickelung gebracht zu haben.

Unter den gewölbten Fachausfüllungen dieſer Art werden wir auch diejenigen beſprechen, deren Wölbung ſcheitrecht iſt, ſofern ſie nur überhaupt einen Schub auf die ſtützenden Träger auszuüben vermögen.

Fig. 177.

87. *Scherrer's* Hohlkaſten. Als jedenfalls eine der älteſten Formen iſt hier wieder der bereits zu Fig. 79 (S. 53) beſchriebene Hohlkaſten von *Scherrer* (Fig. 177 [125]) anzuführen, welcher 1855 für Holzbalken, daher für geringe Fachweiten vorgeſchlagen, in faſt gleicher Geſtalt auch für Eiſenbalken verwendbar iſt. Er ergiebt eine wagrechte Steinunterfläche, die, abgeſehen von den Balkenflächen, unmittelbar geputzt werden kann.

88. *Wingen's* Hohlkaſten. Eine regelrechte Wölbung mit unteren Anſätzen an den Steinen zur Erzielung ebener Unterfläche unter dem Bogen zeigt die Decke von *Wingen* (Fig. 178 [126]), die trotz Verlaufes längerer Zeit ſeit dem Bekanntwerden ihrer verwickelten Form wegen wenig Verbreitung fand. Der darin vertretene Gedanke iſt jedoch ſpäter vielfach aufgenommen und weiter entwickelt.

Fig. 178.

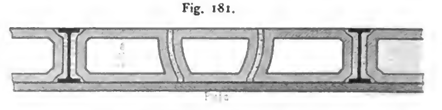
89. Neuere deutſche Hohlkaſten. Eine neuere Form deutſchen Urſprunges mit den zu ihr gehörigen Kämpferſtücken zur Deckung der unteren Trägerflanſche und zur Erzielung einer zum Putzen geeigneten, ebenen, aber rauhen Steinfläche zeigen Fig. 179 u. 180 [127]). Bei dieſen nur etwa 50 kg für 1 qm wiegenden Fachausfüllungen iſt Bedacht auf die Deckung möglichſt verſchiedener und möglichſt groſser Weiten genommen. Die Tragfähigkeit ſolcher Fachausfüllungen gewöhnlicher Weite wird mit 2000 kg für 1 qm angegeben.

Fig. 179. Fig. 180.

90. *Laporte's* Hohlkaſten. In Frankreich ſind derartige Formen gleichfalls früh entſtanden, unter denen die von *Laporte* eine bedeutende Rolle in der Verwendung geſpielt haben.

Die Formſtücke *Laporte*'s (Fig. 181 u. 182 [128]) werden für Trägerteilungen von 65, 70 und 75 cm, ſowie für Trägerhöhen von 12 bis 22 cm von der *Société anonyme de la Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-les-Mines in der Weiſe hergeſtellt, daſs die Seitenſtücke für alle Fachweiten gleich breit, nämlich 21,5 cm in der Mitte, die Schluſsſtücke für die verſchiedenen Weiten 17,5, 22,5 und 27,5 cm breit, alle Stücke 32 cm lang geformt werden; die Wandſtärke beträgt 2,0 bis 2,5 cm. Die

Fig. 181.



[125]) Siehe: Deutſche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

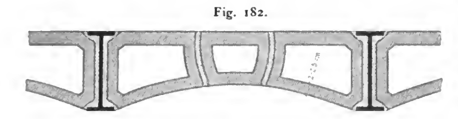
[126]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 579. — Deutſche Bauz. 1894, S. 217; 1895, S. 572, 583. — D. R.-P. 70873.

[127]) Erzeugt von: *H. Brenning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Induſtriequartier Zürich; Aktiengeſellſchaft Dampfziegelei Waiblingen, Württemberg.

[128]) Siehe: *Annales induſtr.*, Bd 7 (1883), S. 5 ff. — Deutſche Bauz 1886, S. 202.

Stofsfugen werden in beiden Randreihen bündig, in der mittleren um 16 cm, d. h. die halbe Stücklänge, verfetzt angeordnet. Die 1 cm weiten Fugen werden in Gips oder Zement gefetzt; auf der Unterfeite der Stücke find Längsrillen eingeformt, welche das mechanifche Anhaften des unmittelbar unter die Thonkaften (Terrakotten) zu bringenden Deckenputzes bezwecken [129]).

Fig. 182.



Ueber die Tragfähigkeit diefer offenbar dichten und für den Schall fchwer zu durchdringenden, dabei trockenen Deckenausfüllung find Verfuche vom *Confervatoire des arts et métiers*, von der *Société centrale des architectes* und des *Société nationale des architectes*, fämtlich in Paris, angeftellt, welche die nachfolgenden Ergebniffe lieferen [130]).

Auf die unten flache Decke nach Fig. 181 wurde 84 Stunden nach der Herftellung auf die halbe Breite eines Trägerfaches Eifenballaft aufgepackt. Der Bruch erfolgte bei 65 cm Trägerteilung unter 7380 kg Auflaft auf 1 qm, bei 70 cm Teilung unter 7300 kg Auflaft und bei 75 cm Teilung unter 6710 kg. Noch gröfser erwies fich die Tragfähigkeit der unten gewölbten Decke nach Fig. 182, die Kaften für 12 bis 14 cm hohe Träger brachen unter 11 350 kg gleichförmiger Laft auf 1 qm, die für 14 bis 16 cm Trägerhöhe bei 15 510 kg und die für 18 bis 22 cm Höhe bei 14 000 kg. Es erfcheint fomit zuläffig, die Belaftung einer derartigen Decke bis zu 1500 kg auf 1 qm zu fteigern, während man für die unten ebenen Stücke etwa bis 800 kg für 1 qm gehen kann.

Diefe Deckenkonftruktion hat vor vielen der früher angegebenen in die Augen fpringende Vorzüge. Sie ift dem Bauftoffe nach an fich trocken, ficher gegen Feuersgefahr und wegen der 50 bis 60 Vomhundert des Inhaltes betragenden Hohlräume fehr leicht, dabei fchwer durchdringlich für Schall, Wärme und Feuchtigkeit. Die entftehenden weiten Hohlräume kann man fogar zu Lüftungszwecken benutzen. Naturgemäfs kann fie aber in ausgedehntem Mafse nur Anwendung finden, wenn die Herftellung der Thonkaften fo gefteigert ift, dafs diefe gängige Handelsware werden, da das Anfertigen in kleiner Zahl zu teuer werden würde. Auch dann bleibt der Preis vergleichsweife hoch.

Diefe Fachausfüllung kann ebenfowohl Eftriche, wie auch hölzerne Fufsböden auf Lagerbohlen aufnehmen; das Anbringen der letzteren bedingt dann das Einfetzen einzelner Holzdübel in die Stofsfugen der Thonkaften mittels Zement.

Die weitefte Verbreitung haben diefe Thonkaften in Nordamerika gefunden, wo fie in einer grofsen Zahl verfchiedener Formen hergeftellt werden. Hier zeigt fich ganz deutlich ein durchlaufender Entwickelungsgang, der an die alten Lochfteine anfchliefst. Da die Löcher der letzteren aber in der Richtung der Lagerfugen, alfo der Kämpferträger laufen, fo erkannte man bald eine ungünftige Sachlage für die Tragfähigkeit darin, dafs die Langfeiten der Steine in den Fugen auf die ganze Fläche mittels des Mörtels belaftet, im Steine aber nur von den Verbindungsftegen mit der anderen Langfeite unterftützt, daher vor den Löchern ftark auf Biegung in Anfpruch genommen werden, wozu dünne Thon- oder Mörtelkörper um fo weniger geeignet find, als in den Ecken der Hohlräume beim Brennen trotz aller Vorficht leicht Riffe entftehen. 91. Amerikanifche Hohlkaften.

Zweitens ergab fich für die Lochfteinformen, wenn man fie nicht für die

[129]) Eine neuere franzöfifche Konftruktion aus der Schule zu Nîmes fiehe: *Nouv. annales de la conftr.* 1900, S. 68.
[130]) Nach: *Annales induftr.*, Bd. 7 (1883), S. 110, 139.



Bildung des an fich nicht beliebten fcheitrechten Bogens formte, der Uebelftand der gewölbten Unterfläche, unter der eine ebene Decke nur unter Anwendung befonderer Mittel hergeftellt werden kann.

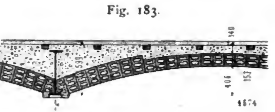
Aus dem Beftreben, diefe Mängel zu befeitigen, entftanden zunächft Formftücke, die zwar noch Längshohlräume in der Richtung der Balken befitzen, in ihrer Zufammenfetzung aber eine mehr oder weniger klar erkennbare Bogenrippe ergeben und zugleich unten an der Bogenwirkung nicht teilnehmende Anfätze zur Herftellung der ebenen Deckenfläche haben. Viele von diefen Formen weichen vom fcheitrechten Bogen nur wenig ab.

Den wefentlichften Uebelftand der Biegungsfpannungen in den Kaftenwänden kann man felbft bei gewöhnlichen Lochfteinen befeitigen, wenn man die Steine mit den Löchern quer zu den Balken ftellt, da dann der ganze Querfchnitt aller Wände von Balken zu Balken in der Richtung des Gewölbedruckes durchläuft. Das Beftreben, die Wandungen einzubrechen, kommt dabei überhaupt nicht mehr vor. Lochfteine ergeben fo aber eine ungünftige Wölbung, da fie »auf dem Kopfe« ftehen; dies ift aber der Gedanke, der der dritten Art amerikanifcher Hohlkaften zu Grunde liegt, bei denen der ganze Querfchnitt auch unverändert von Balken zu Balken läuft. Zugleich fällt dabei die durch Vielgeftaltigkeit der Stücke eines Bogens bedingte Verwickelung und Verteuerung der neueren Kaftenformen der zweiten Art wieder weg. Auch genügten die weiteft entwickelten Kaften der zweiten Stufe vielfach nur zur Deckung einer ganz beftimmten Fachweite, während diefe bei den neueften quer geftellten Formen von der Kaftengeftalt meift ganz unabhängig ift.

Zunächft folgen hier zwei Beifpiele grofser Fachauswölbungen mit Hohlkaften, die fich der Wölbung mit Lochfteinen unmittelbar anfchliefsen und neueren amerikanifchen Ausführungen entnommen find.

Fig. 183 zeigt ein Beifpiel der Ausführung fehr weiter derartiger Bogen im *New Appraifer's Office* zu New-York[131]) mit den wichtigften Hauptmafsen; ergänzend ift nur zu bemerken, dafs die 7 m freitragenden Balken in 1,75 m Teilung nach Fig. 176 durch verdeckt liegende Zugftangen abgefangen find.

Fig. 183.



Bei 4,674 m Weite trugen diefe Bogen unter ganz frifcher Betonhinterfüllung 6000 kg für 1 qm einfeitige Probelaft bis zum Bruche; nach völligem Abbinden aber trugen fie an voller Belaftung über die ganze Weite 5750 kg für 1 qm ohne Spuren der Zerftörung, und nachdem diefe Laft 24 Stunden gewirkt hatte und dann befeitigt war, ging die entftandene Scheitelfenkung von 16 mm wieder auf die bleibende von 3 mm zurück. Der Bogen war alfo noch nicht bis zur vollen Leiftung belaftet.

Bei der dargeftellten Weite find die Bogen in beiden Schenkeln auf 203 mm verftärkt; bis zu 3,50 m Weite wurden fie durchweg 153 mm ftark ausgeführt. An der Verftärkungsftelle ift aber auch dafür geforgt, dafs immer Steg gegen Steg, nie ein Steg gegen einen Hohlraum fetzt, um die Biegung in den Kaftenwänden möglichft zu mindern und unfchädlich zu machen.

92. Hohlkaften der *Merrick fireproofing Co.*

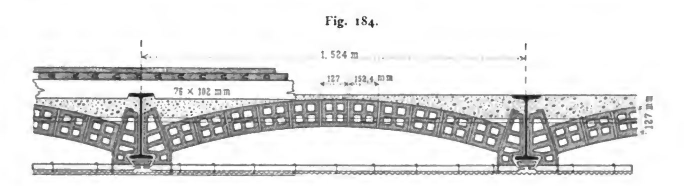
Die Auswölbung der Trägerfache mit den gebrannten Thonkaften der *Merrick fireproofing Co.* in New-York zeigt Fig. 184[132]). Die Anordnung zeichnet

131) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 314.

132) Siehe ebendaf., Bd. XL (1898), S. 221.

fich durch befonders kräftige Kämpferftücke aus, welche felbft für fehr ftarke Wölbungen ausreichende Kämpferflächen geben und unten die in Nordamerika üblichen Keilthonplatten zur Deckung der Trägerflanfche faffen. Die eigenartige felbftändige Deckenaufhängung an Blechftreifen in den Kämpferfugen, welche fpäter

Fig. 184.



(in Kap. 6) befonders befchrieben wird, ift hervorzuheben; fie ift neben den Thonhaken an den Kämpferftücken als zweites Mittel der Unterftützung der Thonplatten unter den Trägern benutzt, um nicht allein auf die unteren Hakenanfätze der Kämpferftücke angewiefen zu fein. Der Schub der Wölbung wird mittels durchlaufender, verdeckt liegender Rundeifenanker aufgenommen.

Weiter von den Lochfteinen entfernen fich die Kaftenformen, welche, von Längsräumen durchbrochen, für die Bildung fcheitrechter Kappen beftimmt find. 93. Scheitrechte Wölbung aus Hohlkaften.

Einige Beifpiele von derartigen amerikanifchen Ausführungen zeigen Fig. 185 u. 186. Befonderer Wert wird hier, im Gegenfatze zu den franzöfifchen Anordnungen, darauf gelegt, die Träger auch mit dem Unterflanfch dem Feuer zu entziehen. Eine derartige Anordnung mit gebrannten Thonfliefen wurde fchon in Art. 59 (S. 69) und eine folche für Vollfteine in Art. 79 (S. 85) vorgeführt; in Fig. 185 umgreifen die Hohlfteine den unteren Trägerflanfch — wie in Fig. 156 (rechter Träger links) die Vollfteine — vollftändig, fo dafs durch die unter dem Träger liegenden Lufträume ein befonders wirkfamer Schutz entfteht. Die Fugen find in Fig. 185 durch rechteckige Nuten in den Lagerflächen der Hohlfteine, in welche der Mörtel federartig eingreift, befonders gefichert.

Fig. 185.

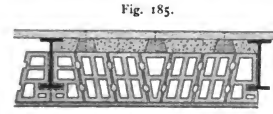
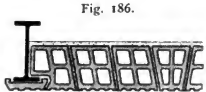


Fig. 186.



In Fig. 186 ift der Schutz der Träger, wie in Fig. 184, bei fehlendem Luftraume weniger wirkfam durch unmittelbar unter den Flanfch gelegte Thonplatten erzielt, welche, zuerft verlegt, fchwalbenfchwanzartig von den Rändern der Hohlfteine umfafst werden. Die Hohlfteine find unten für die Aufnahme des Putzes fchwalbenfchwanzförmig genutet.

Bei diefen beiden Konftruktionen tritt die ungünftige Lage, in der fich die dünnen Wände der grofsen Kaften befinden, befonders deutlich hervor; namentlich erfcheint die letztere in Fig. 186 an den Kämpfern mangelhaft, wo ein Querfteg gegen eine auf der anderen Seite ununterftützte Stelle der Wandung an der letzten Bogenfuge ftöfst.

Zwei Formen, die den vorigen noch ähnlich, doch fchon den Anfatz einer Bogenform wenigftens in den Kämpferftücken zeigen und fich wohl unbedingt beffer zur Druckübertragung eignen, find im folgenden befchrieben.

94. Decke der *Pioneer fireproof conftruction Co.*

Die *Pioneer fireproof conftruction Co.* verwendet die in Fig. 187[133]) dargeftellte Form der Fachausfüllung.

Die Ausfetzung verfchiedener Weiten wird durch Einlegen voller Thonplatten erzielt. Die in die Träger einzufetzenden Kaften haben unten Keilhaken, welche keilige Thonplatten zur Deckung der Trägerunterflächen aufnehmen. Die Kaften wiegen für fich 160 kg, fertig verfetzt 200 kg für 1 qcm.

Fig. 187.

Bei Belaftungsproben erfolgte der Bruch unter 2460 kg Laft auf 0,09 qm mitten im Felde; ein Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe genügte zur Zerftörung. Der Wechfel von Feuerwirkung durch 90 Minuten mit kaltem Anfpritzen durch 3 Minuten wurde dreimal bis zum Zerfallen ertragen; ruhiges Feuer hatte die Decke in 24 Stunden fo angegriffen, dafs fie beim Abräumen gänzlich zerfiel.

95. Decke der *Wight fireproofing Co.*

Wieder fehr ähnliche, aber noch etwas günftigere Stoffverteilung zeigt die Decke der *Wight fireproofing Co.* (Fig. 188[134]).

Sie trug 3900 kg auf 0,90 qm mitten im Felde und einen Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe bis zum Bruche. Dem Wechfel zwifchen 90 Minuten Feuer und 3 Minuten Anfpritzen ertrug fie bis zur Zerftörung 14mal; nach 24 Stunden ruhigen Feuers trug fie zwar zunächft noch 1300 kg für 1 qm, brach aber beim Abräumen zufammen. Der Unterfchied der Leiftung gegenüber derjenigen der fpäter zu Fig. 193 zu befprechenden Decke von *Lee* mit quer liegenden Hohlftücken zu Gunften letzterer ift beachtenswert.

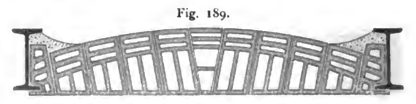
Fig. 188.

Die in Fig. 185 u. 186 dargeftellten Formen haben neben ihrer ftatifchen Minderwertigkeit doch auch Vorteile gegenüber den in Fig. 187 u. 188 veranfchaulichten. Zunächft beftehen fie aufser den Kämpfer- und Scheitelftücken aus lauter ganz gleichen Stücken, fo dafs fie zum Ausfetzen fehr verfchieden weiter Balkenfache geeignet find, während die in jeder Reihe anders geformten Kaften in Fig. 187 u. 188 ganz beftimmte Fachweiten verlangen. Die geringen Breitenabftufungen durch Einlegen voller Thonplatten in die Wölbfugen (Fig. 187) find felbftverftändlich bei allen Anordnungen in gleicher Weife verwendbar.

96. Sonftige Hohlkaften.

An die Kaftenbogen von Fig. 183 u. 184 fchliefst die aus neuerer Zeit ftammende Konftruktion in Fig. 189[135]) eng an, infofern hier die Bogenkaften mit Längsöffnungen unverändert beibehalten find, aber nach unten Anfätze tragen, welche nicht mehr als Bogenteile mitwirken, fondern blofs zur Herftellung der ebenen

Fig. 189.



Deckenfläche dienen. Die Bogenftege find forgfältigft von Träger zu Träger durchgeführt. Ein gewiffer Wechfel der Spannweite ift dadurch ermöglicht, dafs ein

133) Siehe: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264. — Deutfche Bauz. 1895, S. 531 (wo verfchiedene ähnliche Formen dargeftellt find).

134) Siehe: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

135) Siehe: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

zurecht zu hauendes Scheitelftück eingefügt ift. Diefes zeigt fchon die neuerdings durchgedrungene Querftellung der Hohlräume und ift daher durch Behauen zu verkürzen, was felbftverftändlich bei allen früher angegebenen Kaftenformen ausgefchloffen ift; übrigens verlangt aber auch diefe Form in den Schichten durchweg verfchiedene Stücke. Für Deckung der Trägerflanfche ift nur durch Lappen an den Kämpferftücken geforgt; der Schutz ift alfo wefentlich geringer als bei der in Fig. 185 dargeftellten Konftruktion.

In den fcheitrechten Kaften verfteckte Bogenrippen, die von Träger zu Träger laufen, zeigen Fig. 190 u. 191[136]); erftere ift noch verhältnismäfsig einfach, wenn auch alle Stücke verfchieden find[137]). Mängel find die Ungleichmäfsigkeit der Dicken, die das Brennen erfchwert, und die Gröfse der von keinerlei Stegen verbundenen und geftützten Seitenwandungen. Die Konftruktion in Fig. 191 ift in allen diefen Beziehungen zwar beffer; zugleich zeigt fie aber unter allen die verwickeltefte Form der Kaften, fo dafs fie keine erhebliche Verbreitung gefunden hat. Beide verlangen wieder je ein befonderes Mufter für jede Fachweite, wodurch die Verwendung weiter erheblich erfchwert wird.

Fig. 190.

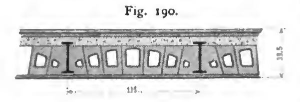


Fig. 191.

In Fig. 191 ift gleichfalls eine keilförmige Thonplatte unter die Träger gefetzt, aber fo tief, dafs ein Luftraum darüber bleibt und ein fehr wirkfamer Schutz des Trägers durch Putzplatte und Hohlraum erzielt wird.

Die beachtenswertefte Entwickelungsftufe der amerikanifchen Hohlkaften ift zweifellos die oben zuletzt angeführte, die der Formen mit quer zu den Trägern geftellten Hohlkaften, deren ftatifche Vorzüge oben bereits erörtert wurden. Hier ift noch hinzuzufügen, dafs fie das Ausfetzen beliebig weiter und felbft unregelmäfsiger Trägerfache ohne befondere Formftücke ermöglichen, da man fie, wie bezüglich des Schlufsftückes in Fig. 187 fchon betont wurde, der Länge nach beliebig behauen kann. Aus dem gleichen Grunde kann man auch aus rechteckigen Regelftücken diefer Art durch Behauen den Fugenfchnitt fcheitrechter Bogen erzielen, den die Mehrzahl folcher Fachfüllungen aufweift.

Fig. 192.

Eine der älteften Ausgeftaltungen diefer Querkaften zeigt Fig. 192[138]), bei der die mit lotrechten Fugen zufammengefetzten Kaften durch Verzahnungen der Mörtelfugen verbunden find. Der erhebliche Schub diefes fcheitrechten Bogens wird durch eine Eifenverankerung der Träger aufgenommen, welche unter b, 3, β noch befonders erörtert werden wird.

[136]) Dafs der Bogen oben zu dünn und die untere Deckenplatte zu dick ift, beruht auf einem Fehler des Zeichners.

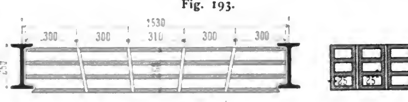
[137]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 32; 1887, S. 435, 451. — *American engineer*, Bd. 13 (1887), S. 230. — *Engng. news*, Bd. 25 (1890), S. 368.

[138]) Siehe: Oefter. Monatfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 4.

97.
Lee's Hohlkaften.

Faft genau diefelbe Anordnung zeigen die neueren porigen Thonkaften von *Th. A. Lee*, mit denen die in Nordamerika fehr verbreiteten Feuerproben in ausgedehntem Mafse angeftellt wurden (Fig. 193[139]). Die Deckung der Trägerflanfche erfolgt wieder mit keiligen Thonplatten auf angehauenen Anfätzen der Kämpferftücke, die fomit befonderer Formung nicht bedürfen.

Fig. 193.



An ruhender Laft wurden bis zum Bruche 7060 kg auf 0,90 qm getragen; Fallproben mit einem Gewichte von 60 kg führten zur Zerftörung nach 3 Schlägen aus 3,00, 4 Schlägen aus 1,80 m und 7 Schlägen aus 2,40 m Höhe. Zur Prüfung der Feuerbeftändigkeit dienten folgende Proben.

α) Die mit 1300 kg für 1 qm belaftete Decke wurde 1 Stunde lang dem Feuer ausgefetzt, dann 3 Minuten lang kalt angefpritzt. Hierauf folgte ein 11 maliger Wechfel von Feuer während 90 und Anfpritzen während 3 Minuten; nach 23 Stunden war die Decke im wefentlichen unverletzt; zur Zerftörung waren noch 11 Schläge des 60 kg-Gewichtes mit etwa 2,00 m Fallhöhe nötig.

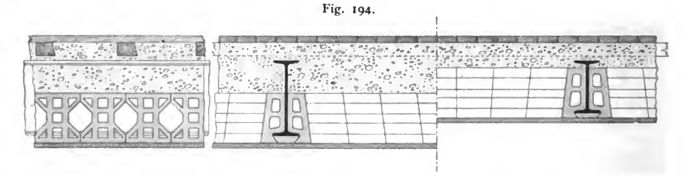
β) Nach 24ftündigem Feuer trug die Decke 4800 kg für 1 qm, ohne wefentlich verletzt zu werden.

Diefe Kaften wiegen trocken 170 kg und nafs 250 kg für 1 qm.

98.
I-förmige Hohlkaften.

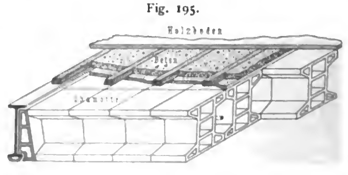
Eine befonders günftige und neuerdings fchnell verbreitete Geftalt von Hohlkaften für Fachwölbungen aus dichtem oder porigem Thone zeigen Fig. 194 u. 195[140])

Fig. 194.



in der Verwendung für fcheitrechte Bogen mit bogenförmigem (Fig. 194) oder lotrechtem Fugenfchnitte (Fig. 195), die jedoch in ganz gleicher Weife unter entfprechender Formung oder geringem Behauen auch für gekrümmte Bogen verwendbar ift. Diefe Kaften, die man wohl ohne Bedenken für die beften bislang erfundenen erklären kann, haben eine Art von I-Form, fo dafs ein vergleichsweife grofser Teil des Querfchnittes in den oberften und unterften Gliedern fteckt, ein geringer in den wenig beanfpruchten Stegen; der Stoff ift alfo derart verteilt, wie dies für die Aufnahme der bei einfeitiger Belaftung eines Faches auftretenden erheblichen Biegungsmomente befonders günftig ift. Wie die Träger

Fig. 195.



139) Siehe: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

140) Siehe: *Engng.* 1898 — II, S. 139. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1867), S. 144. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news* Bd. XXXIX (1898), S. 330; Bd. XXXV (1896), S. 235 u. Fig. 4. — Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 6 ff., Tafelabb. 28 u. 29. — Deutfche Töpfer- u. Zieglerzeitg. 1897, Nr. 7 ff. — *Engineering record* 1900, Febr., S. 108.

von unten gedeckt und wie die Teile eines Holzfufsbodens mittels mageren Betons befeftigt werden, zeigen Fig. 194 u. 195.

Derartige Decken wiegen bei 38 cm Balkenhöhe durchfchnittlich 316 kg und bei 25 cm Balkenhöhe 220 kg für 1 qm.

Als Mörtel für das Verfetzen diefer wie ähnlicher Kaften follte, wie in Nordamerika gefchieht, nur reiner Zementmörtel verwendet werden. Beim Einfetzen ift zur Vermeidung unnützen Mörtelverbrauches, unnötiger Befchwerung der Decke und von Beeinträchtigung der durch die grofsen Hohlräume fonft erzielten Vorteile darauf zu halten, dafs thunlichft nur die Endflächen der Wandkörper mit Mörtel bedeckt werden, damit die Fugen diefelben Oeffnungen zeigen wie die Kaften.

In Fig. 194 u. 195 find befonders geformte Kämpferkaften gezeichnet; dafs folche nicht unbedingt nötig find, zeigt Fig. 193.

Dafs die quer durchlaufenden Hohlräume eine gute Gelegenheit zum Anbringen von Zugankern zwifchen den Balken bieten, zeigt Fig. 195. Bringt man diefe fo an, dafs fie immer in die grofsen Räume zwifchen zwei Kaftenreihen treffen, fo kann man fie vor Beginn der Fachausfüllung einziehen, ohne dafs das Verfetzen der Kaften dadurch erfchwert würde.

Der Preis diefer fehr verbreiteten Decken ift vergleichsweife hoch. Derjenige für die in Fig. 192 dargeftellte Decke wird bei 39,5 cm Dicke mit 25,4 cm hohen **I**-Balken in 114 cm Teilung, einfchliefslich Fufsboden und Deckenputz, zu 36,80 Mark auf 1 qm für Philadelphia angegeben, worin die hohen amerikanifchen Löhne mit zur Geltung kommen.

3) Wölbung aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton.

α) Ohne Eifeneinlagen[141]).

Bei den Betonkappen fpielt die Herftellung und Mifchung des Mörtels wie des Betons eine Rolle, deren Wichtigkeit noch vielfach unterfchätzt wird. Wenn hier auch nicht die Stelle ift, an der auf diefen Abfchnitt der Bauftofflehre näher einzugehen wäre, fo mufs doch auf die vortrefflichen Unterfuchungen von *Unna*[142]) über Eigenfchaften und Preife von Mörtel und Betonarten hingewiefen werden, welche ein fehr beachtenswertes Hilfsmittel für die Auswahl der geeigneten Mörtel- oder Betonmifchung für einen beftimmten Zweck bilden. Ohne auf diefe gründlichen Unterfuchungen hier näher einzugehen, führen wir nur an, dafs *Unna* namentlich die Wichtigkeit des Vorhandenfeins fehr verfchiedener Korngröfse im Sande des Mörtels wie im Kiefe oder Kleinfchlage des Betons nachweift und den Verbefferungen nach ftatifcher und wirtfchaftlicher Richtung nachgeht, welche durch Zufchläge von Kiefelfäure in Geftalt von Trafs, Hochofenfchlackenmehl u. f. w. fowohl bei Kalk-, als auch bei Zement-, als auch bei gemifchten Mörteln erzielt werden können. Die Unterfuchungen weifen nach, dafs man für beftimmte Verhältniffe meift mit Mifchungen fehr verfchiedenen Preifes die gleichen Ergebniffe erzielen kann, dafs alfo das Gebiet der Mörtel- und Betonmifchung ein folches von ganz hervorragender wirtfchaftlicher Bedeutung fei.

97. Beton- und Mörtelarten.

141) Siehe: *Concrete arches* von LUTTON. *Railroad gazette*, Bd. XXXII (1900), S. 306.

142) Sonderdruck: Die Beftimmung rationeller Mörtelmifchungen unter Zugrundelegung der Feftigkeit, Dichtigkeit und Koften des Mörtels. Vortrag, gehalten in der Verfammlung des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Niederrhein und Weftfalen zu Köln, am 9. Januar 1899.

Wie auf die angeführte wichtige Quelle, verweifen wir bezüglich diefes Gegenftandes der Bauftofflehre auf Teil I, Bd. 1 erfte Hälfte diefes »Handbuches«. Es ift nur noch zu betonen, dafs es an vielen Stellen, fo z. B. in den Zwickelüberfüllungen, in Einbettungen von Fufsbodenlagern, kurz überall da, wo es auf die Aufnahme erheblicher Spannungen nicht ankommt, nicht nötig ift, Mörtel und Beton befter Befchaffenheit zu verwenden, dafs man hier vielmehr meift mit ganz billigen Erfatzftoffen und fehr mageren Mifchungen auskommt, fofern diefe nur keine gefundheitsfchädlichen, die Feuchtigkeit anfaugenden oder Staub erregenden Beimengungen enthalten und den Grad von Zufammenhalt befitzen, der die Erfüllung der diefen Teilen zugewiefenen Aufgaben ficherftellt. In diefer Beziehung find Kohlenafche und Kohlenfchlacke mit Kalkmilch gemengt als ganz befonders billige und leicht zu erhaltende Stoffe anzuführen.

100.
Ausführungen von Betonbogen.

Die Firma *Odorico* in Frankfurt a. M. verwendet Schlackenbeton aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken [143]) von Tauben- bis Hühnereigröfse. Bei verfuchsweifer Verwendung am Bau des Krankenhaufes zu Karlsruhe wurde 1 Teil Zement mit 6 Teilen Schlacken und etwas Sand [144]) gemifcht. Zu Ueberfüllungen von Tragbogen oder Platten aus Beton wird häufig, der Leichtigkeit halber, eine Mifchung von 1 Teil Weifskalk mit 8 bis 10 Teilen Schlacke verwendet, welche einen ziemlich hohen Grad von Zufammenhalt erreicht.

Die Zugfeftigkeit des Schlackenbetons beträgt etwa das 0,7fache [144]) derjenigen von Kiesbeton, während das Gewicht nur knapp 0,5fach fo grofs ift.

Den Pfeil der gewölbten Betondecken kann man fehr flach halten, da die Stärke des Bogens nach Ausweis in Kap. 9 felbft bei ftarken Laften und geringem Pfeile noch fo gering wird, dafs die Verwendung von Steinfchlagbeton wegen der in ganz dünnen Körpern unvermeidlichen Löcher hier häufig ausgefchloffen erfcheint und man meift Kies- oder Schlackenbeton verwenden mufs. Der flache Pfeil und die geringe Stärke kommen der Erleichterung der an fich fchweren Decke zu gute. Um diefe Vorteile thunlichft auszunutzen, legt man den äufseren Bogenfcheitel in der Regel gleich hoch mit Trägeroberkante und füllt dann den unter dem Kämpfer verbleibenden Raum bis zum unteren Flanfch gleichfalls mit Beton aus (Fig. 196 u. 197) oder umhüllt den Balken unten noch vollftändig mit Beton (Fig. 198).

Fig. 196.

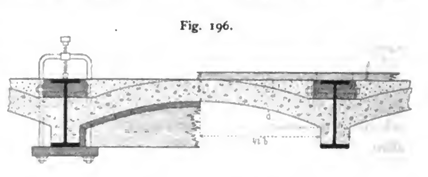
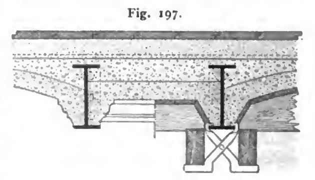


Fig. 197.



Gewöhnlich enthält der gegrabene oder gebaggerte Kies an fich erhebliche Sandbeimengungen; folche Kiesarten werden meift im Verhältniffe von 5 Teilen Kies

[143]) Siehe: Deutfche Bauz. 1890, S. 46.

[144]) Siehe ebendaf., S. 7.

auf 1 Teil Portlandzement gemifcht. Bei forgfältigerer Bereitung aus reinem Kiefe und Zementmörtel kann man jedoch gleich gute Erfolge mit magereren Mifchungen erzielen.

So find die Gewölbe von fchweizerifchen Betonbrücken[145]) nach dem Verhältniffe 1 Zement, 2 Sand und 4 Kies gemifcht, die Flügel nach 1 : 2 : 6, die Widerlager fogar nach 1 : 3 : 7[146]). — Bei neueren Brücken im Königreich Sachfen und über die Mofel bei Metz find Mifchungen von 1 : 5 : 6,5 in den Gewölben, 1 : 6 : 8 in den Pfeilern und 1 : 7 : 9 in den Pfeilerfüfsen verwendet.


101.
Herftellung und Ausrüftung.

Die Herftellung erfolgt, indem man auf Hängerüftungen (Fig. 165 bis 169), auf unterftützter Einrüftung (Fig. 198 u. 199) oder auf eifernen Rüftbügeln (Fig. 170, 171 u. 172) unterhalb der Träger eine volle Schalung herftellt und auf diefer den Beton in dünnen Lagen feft einftampft. Man beginnt hierauf mit der Füllung an den Trägern und fchliefst fie allmählich nach dem Scheitel ab. Dabei ift die angegebene Mifchung durchweg nur in der Stärke des Scheitels einzubringen; die Zwickel an den Trägern können, wie in Fig. 196 angedeutet ift, mit einer mageren Füllmifchung, etwa magerem Schlackenbeton, ausgefullt werden, welche nur eben genügend abbindet, um keine Schübe zu äufsern, und dabei möglichft leicht ift. Diefe Ausfullung wird mit oder oberhalb der Trägeroberkante abgeglichen und nimmt erforderlichenfalls etwas fchwalbenfchwanzförmig gefchnittene Lagerbohlen für die Befeftigung hölzerner Fufsböden auf, auf welchen die Bretter fpäter vernagelt werden (Fig. 159, 160, 166, 183, 185, 192, 194, 197). In Fig. 196 find die Lager an die Träger gebolzt; doch können die Bolzen in weiter Teilung fitzen, bei guter Ueberfüllung auch ganz fehlen. Um das Quellen der Lagerhölzer infolge Eindringens der Feuchtigkeit aus dem frifchen Beton zu vermeiden, empfiehlt es fich, die Lagerhölzer vorher zu theeren oder mit Dachpappe zu umhüllen.

Fig. 198.

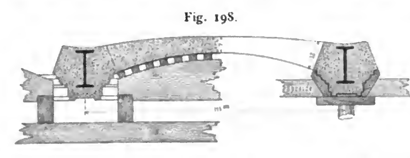
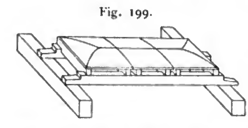


Fig. 199.



Bei nordamerikanifchen Bauten hat man die Zwickelausfüllung dadurch leichter gemacht, dafs man beim Einftampfen einige Zinkblechrohre mit offener Naht und verfchiedenem Durchmeffer je nach Geftalt der Zwickel in diefe einlegte[147]). Die Rohre wurden im Inneren gegen den Aufsendruck in folcher Weife verfpreizt, dafs man diefe Ausfpreizung vom freien Rohrende aus leicht auslöfen und herausziehen, dann den Rohrdurchmeffer durch weiteres Aufwickeln verringern, alfo das Rohr herausziehen konnte. Die Rohre find hiernach für weitere vorzuftreckende Kappenteile immer wieder verwendbar. Auf diefe Weife ift, namentlich bei grofsen Kappen und ftarken Bogenpfeilen, eine fehr erhebliche Laftminderung zu erzielen.

Das Ausrüften erfolgt bei den angegebenen Mifchungen früheftens nach 10 Tagen; während diefer Zeit ift im heifsen Sommer dauerndes Feuchthalten der Füllung durch leichtes Begiefsen, wenn möglich auch Bedecken mit einer feuchten

145) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. 4 (1884), S. 136.

146) Ueber Verfuche mit Betonkappen und Steinkappen fiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159.

147) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Sandſchicht zu empfehlen. Noch einige Zeit nach dem Ausrüſten ſoll die Wölbung keinen ſchweren Laſten, namentlich keinen Stöſsen ausgeſetzt werden; ſelbſt für den Verkehr der Arbeiter lege man Laufbretter auf die Decke.

102. Beiſpiele ausgeführter Betonkappen.

Im nachſtehenden ſeien einige Beiſpiele von neueren ausgeführten Betonkappen vorgeführt.

a) Eine ganz beſonders ſtarke Anordnung dieſer Art zeigt Fig. 197 aus einem neuen Schulhauſe zu Mainz[148]). Hier ſind die Träger paarweiſe zuſammengelegt, was ſich für die Aufnahme der Schübe der Kappen als zweckmäſsig erweiſen kann (ſiehe Art. 85, S. 95 und Kap. 9); in die engen Fache iſt eine gerade, in die weiten eine gewölbte Betondecke gelegt, welche dann eine bis über die Träger reichende Zwickelfüllung trägt. Dieſe iſt dann wieder mit gewöhnlicher Bettung zur Aufnahme der Fuſsbodenlager überdeckt. Um Gewicht und Koſten dieſer auſsergewöhnlich ſtarken Decke thunlichſt herabzumindern, iſt die Zwickelfüllung in magerem Schlackenbeton, aus leichten porigen Schlacken mit Weiſskalk ausgeführt, welcher für 1cbm fertig 6 Mark koſtete.

b) Im Gerichtshauſe zu Frankfurt a. M.[149]) ſind feuerſichere Betondecken nach Fig. 198, 199, 200 u. 201 als abgewalmte Tonnenkaſſetten von den beiden Unternehmern *Löhr* und *Odorico* nach verſchiedenen Verfahren ausgeführt, indem jedes Feld eines rechtwinkeligen Roſtes aus Balken und Zwiſchenträgern mittels einer Kappe aus Beton von 8 Teilen Kiesſand, 1 Teil Zement und 1/4 Teil Kalk gedeckt wurde.

Die Ausführung der ziemlich umfangreichen Arbeiten nach *Löhr* iſt in Fig. 198, 199 u. 200 dargeſtellt. Zunächſt wurden hölzerne Kaſten aus zwei Seitenteilen und einer Bodenbohle unter den Trägern

Fig. 200.

Fig. 201.

ſo zuſammengeſetzt, wie Fig. 198 rechts im Querſchnitt, und Fig. 200 im Grundriſs zeigt. Die Seitenwände der Kaſten bilden nach Fig. 200 verſtrebte, rechtwinkelige Eckſtücke, zwiſchen welche keilförmig abgeſchnittene Mittelſtücke eingetrieben wurden, um einerſeits verſchiedene Längen der Felder mit denſelben Teilen einrüſten, andererſeits das durch die Feuchtigkeit etwas quellende Holz leichter ausrüſten zu können. Innen waren die Kaſten mit genau nach dem verlangten Querſchnitte der Trägerhülle geformtem Zinkbleche ausgeſchlagen, das vor jeder Benutzung etwas gefettet wurde, damit der Zement nicht anbinden konnte. Dieſe Kaſten wurden zuerſt mit einer dünnen Lage Zement genau ausgeſtrichen, um ſcharfe Kanten und ebene Flächen zu erhalten, und in dieſe Maſſe wurde der Beton, von unten nach oben magerer und gröber werdend, um die Träger herum, unter genauem Abgleichen der Kämpferflächen für die Kappen, eingeſtampft. Nach Abbinden dieſes Körpers ſetzte man die in Fig. 199 dargeſtellte Kappenrüſtung auf entſprechende Lagerhölzer in das Feld ein. Die Auſsenfläche auch dieſer beſtand aus gefettetem Zinkbleche mit ganz dünner Lattung (Fig. 198 links); hierauf wurden auch die Kappen innen fetter, auſsen magerer und gröber eingeſtampft. Nach der Ausrüſtung wurden die Nähte nachgefugt und mit dem Meſſer geſäubert.

Die Beſchaffungskoſten dieſer Einrüſtung betrugen 15 Mark für 1qm, wurden aber durch die Wiederverwendung ſchlieſslich ſehr gering.

Die Firma *Odorico* verwendete dagegen die in Fig. 201 dargeſtellte, aus Eiſenblech und Guſseiſenleiſten durch Verſchraubung für die Trägerhülle und die Kappenlaibung gemeinſam hergeſtellte Einrüſtung auf Stielen und Bohlen unter den Trägern, in welche der geſamte Beton für beide Teile unten fett, oben magerer und gröber auf einmal eingeſtampft wurde. Damit die Arbeiter auf den Blechböden verkehren konnten, ohne dieſe zu verdrücken, waren noch Rundeiſen-Schrägſteifen eingeſchraubt. Die Beſchaffungskoſten dieſer Einrüſtung betrugeu 45 Mark für 1qm.

Die Koſten der Decke ohne Träger, Einrüſtung und Fuſsboden betrugen durchſchnittlich 6,3 Mark für 1qm.

[148]) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 3.

[149]) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 274.

Bei der Probebelaftung riefen 8000 kg auf 1 qm noch keine erkennbare Veränderung des Gefüges hervor. Ein 2,50 m hoch fallendes Gewicht von 25 kg fchlug ein rundes Loch in die Kappe, ohne diefe fonft zu verletzen.

Die fämtlichen zu bemalenden Innenflächen von Zementkörpern wurden mit kohlenfaurem Ammoniak übergeftrichen, um als Grundlage für die durch frifchen Zement gefährdete Bemalung eine dünne Schicht kohlenfauren Kalkes zu erzielen.

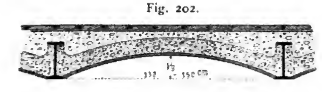
c) Bei der Erweiterung des Bahnhofes zu Erfurt[150]) wurden Betonkappen in einer Ausdehnung von 3400 qm aus 1 Teil Zement und 8 Teilen ziemlich fandfreien Kiefes mit 1,5 cm bis 2,0 cm Zementeftrich der Mifchung von 1 Teile Zement und 2 Teilen Sand ausgeführt. Die Kappen hatten bei $^1/_{10}$ Pfeilverhältnis 11 cm Stärke und wurden dann nach Fig. 196 bis auf die unteren Trägerflanfche hinabgeführt, die unten fichtbar blieben. Die Kappen hatten zum Teile unmittelbar nach der Herftellung eine Kälte von 6 Grad R. auszuhalten, erwiefen fich aber als dadurch nicht befchädigt und trugen, 14 Tage alt, 2850 kg auf 1 qm unter ziemlich fchweren Hackenfchlägen, ohne eine Veränderung zu zeigen; dagegen brach eine verfuchsweife hergeftellte ebene Betonplatte von gleicher Stärke fchon unter geringerer Laft.

Bezüglich der gelegentlich diefer Ausführung verhandelten Frage, ob fo flache Kappen infolge Treibens des Betons Schub äufsern oder als Platten wirken, giebt *Schumann* in Amöneburg an, dafs unter Waffer zwar $^1/_4$ Jahr lang ftarkes Treiben ftattfindet, welches erft nach 2 Jahren ganz aufhört; auf 1 m Länge find Ausdehnungen beobachtet: nach $^1/_4$ Jahr um 0,2 mm, nach $^1/_2$ Jahr um 0,22 mm, nach 1 Jahr um 0,27 mm, nach 2 Jahren um 0,3 mm. Natürliche Baufteine dehnen fich oft nach der Verwendung mehr aus. Diefe Mafse genügen nicht, um das Auftreten erheblicher Schübe abzuleiten. Nun ift es aber fogar wahrfcheinlich, dafs fich die trocken erhärtenden Kappen zufammenziehen, worauf die Schwindriffe und der Umftand hindeuten, dafs Probewürfel aus 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand bei 10 cm Seitenlänge 1 Woche unter Waffer und 3 Wochen trocken erhärtet 0,012 mm Seitenverkürzung ergaben.

Es wäre aber gefährlich, auf Grund diefer Beobachtungen anzunehmen, dafs die flachen Kappen überhaupt nicht fchieben, und dann die Träger nur auf die lotrechten Laften zu berechnen; denn die Plattenkörper brechen jedenfalls leichter als die Kappen, und wenn nun eine als Kappe berechnete Fachausfüllung zunächft auch wirklich als Platte wirkte, fo würde fie dadurch Spannungen erleiden, die über die berechneten erheblich hinausgehen. Sollten infolge davon feine Riffe entftehen, fo ift die Plattenwirkung jedenfalls aufgehoben, und die Gewölbewirkung beginnt nun unter ganz geringem Verkanten der Teile. Es ift daher nötig, den Kappenfchub gleich in die Trägerberechnung einzuführen.

b) Bei der Erbauung des Krankenhaufes zu Karlsruhe[151]) wurden drei Arten von Fachausfüllungen in Betracht gezogen: ebene Betonplatten, Kappen aus Beton und Kappen aus Schlackenbeton. Die erfte Anordnung wurde aufgegeben, weil die Platten an fich dick werden und viel Füllung verlangen, alfo im Ganzen fchwer werden. Bei den Kappen erzielt man zwar etwas vergröfserte Tragfähigkeit, wenn man fie mit den Zwickeln als einen Körper bildet; aber diefe Anordnung wird fchwerer und teuerer als möglichft dünne Tragbogen mit magerer leichter Ueberfüllung. Bezüglich diefer Anordnung wurde dann für die 1,20 bis 1,50 m weiten Felder ein Vergleich eines Tragbogens mit $^1/_9$ Pfeilverhältnis aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies nebft Ueberfüllung aus 8 Teilen Schlacken mit 1 Teil Weifskalk mit einem Bogen nebft Zwickeln aus 1 Teil Zement und 6 Teilen Schlacken mit etwas Sand angeftellt. Der Schlackenbeton befafs die 0,7fache Zugfeftigkeit des Kiesbetons; machte man letzteren alfo 10 cm ftark, fo mufste der Schlackenbeton 14 cm dick fein. Die Decke aus Schlackenbeton würde dann auf 1 qm 80 kg leichter als die aus Kiesbeton, aber nicht billiger. Da man aufserdem den Gehalt der Schlacken an Schwefelverbindungen fürchtete, fo erfchienen die mit Schlackenbeton zu erzielenden Vorteile nicht durchfchlagend und man wählte den Kiesbetonbogen, teerte aber die oberen Trägerteile, um fie einer etwaigen ungünftigen Einwirkung des Schwefels in den Schlacken der Ueberfüllung zu entziehen. Nach oben wurden die Bogenkämpfer bis unter den oberen Trägerflanfch hinaufgezogen, um eine Art von Einfpannung zu erzielen.

Fig. 202.



So entftand die in Fig. 202 dargeftellte Anordnung, auf deren Ueberfüllung ein Parkettfufsboden in Afphalt verlegt, und welche von unten her abgeputzt wurde. Die Trägerflanfche blieben auch hier

150) Siehe: Deutfche Bauz. 1889, S. 491.

151) Siehe ebendaf. 1890, S. 7.

unten fichtbar. Die Träger erleiden hier bei 660 kg für 1 qm Gefamtlaft der Decke für 1 qcm 1000 kg Spannung. Die Koften beliefen fich auf 15,0 Mark für 1 qm, während der Anfchlag für Holzbalken mit Gipsdielen, Füllung, Parkett auf Blindboden und Deckenputz etwa nach Fig. 94 (S. 58), unter Erfatz der dort gezeichneten Spreutafeln durch Gipsdielen, 13,4 Mark für 1 qm und wegen der geringeren Laft etwas weniger Mauerwerk ergab. Der Unterfchied erfchien nicht grofs genug, um die gewählte, jedenfalls ficherere Anordnung aufzugeben.

ε) Günftige Erfahrungen mit Schlackenbeton giebt die Firma *Oderico* zu Frankfurt a. M. an. Kappen von 2,00 m Weite aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken von Tauben- bis Hühnereigröfse ertrugen bei 12 cm Scheitelftärke und 15 cm Kämpferftärke im Alter von 4 Wochen nacheinander für 1 qm 1000 kg voller, 2600 kg einfeitiger und 2880 kg Belaftung der mittleren Hälfte, ohne dafs fich irgend welche Veränderungen gezeigt hätten. Die Kämpfer der Kappen waren mit Hilfe paarweifer Anordnung der Balken (fiehe Art. 85 [S. 95], fowie Fig. 168 [S. 93]) kräftig unterftützt.

103. *Zöllner's* Verbundwölbung.

Von verfchiedenen Seiten wird, namentlich auf Grund nordamerikanifcher Verfuche, behauptet, dafs Fachausfullungen aus Backftein dem Feuer im ganzen beffer widerftänden als Betonflächen. Um nun die Vorteile der fchnelleren und einfacheren, auch billigeren Herftellung der Betonkappen möglichft auszunutzen und doch den vollen Feuerfchutz der Backfteinkappen zu erzielen, empfiehlt *Zöllner*[152]) die fog. »Verbundwölbung« für Balkenfache aus einer Lage von Ziegelfteinen (Fig. 203), die zunächft auf der bogenförmigen Schalung verlegt mit Beton überftampft wird und eben oder, zum Zwecke innigerer Verbindung mit dem Beton, mit nach oben vorfpringenden Rippen hergeftellt fein kann.

Fig. 203.

ζ) Mit Eifeneinlagen.

104. Allgemeine Erörterung; Verbundkörper.

Bei der Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton mit Eifeneinlagen kommen letztere zuerft zu eingehenderer Behandlung; fie müffen daher hier zunächft für fich erörtert werden, und zwar foll die gleich für alle Arten der Umhüllung: Mörtel, Beton und Mauerwerk, der Ueberfichtlichkeit wegen zufammen gefchehen. Später wird dann auf den vorliegenden Artikel verwiefen werden[153]).

Die Mauerwerks- und Betonkörper befitzen bekanntlich eine ganz erheblich, meift etwa zehnfach gröfsere Widerftandsfähigkeit gegen Druck als gegen Zug. Nun find aber alle »tragenden« Bauteile, insbefondere die Decken, im Gegenfatze zu den nur oder ganz überwiegend Längsdruckkräften ausgefetzten »ftützenden«, wie Wände und Pfeiler, ftets der Wirkung von Biegungsmomenten unterworfen, die bekanntlich in einem Teile eines Querfchnittes Druck-, in einem anderen Zugfpannungen hervorrufen. Da nun Mauerwerks- und Betonkörper letztere nur in geringem Mafse ertragen, fo erfcheinen fie für die Verwendung da, wo Biegungsmomente auftreten, wenig oder gar nicht geeignet. Dies ift der Grund, weshalb diefe an fich fo fehr bewährten Bauftoffe durch Jahrtaufende von der Verwendung für ebene Decken ausgefchloffen geblieben find. Bei Balken oder Platten beruht die Tragwirkung

[152]) *P. Zöllner & Co.* in Berlin. D. R.-G.-M. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1898, S. 1776.

[153]) Eingehende Erörterung findet fich in: »Das Syftem *Monier*« (Eifengerippe mit Zementumhüllung) in feiner Anwendung auf das gefammte Bauwefen. Unter Mitwirkung namhafter Architekten und Ingenieure herausgegeben von G. A. WAYSS, Ingenieur, Inhaber des Patentes *Monier* (14637). Berlin NW., Alt Moabit 97. Berlin 1897. — Der Einflufs von Eifeneinlagen wird nach Verfuchen von *Confidère* eingehend unterfucht in: Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235 — und: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93.

allein auf der Aufnahme von Biegungsmomenten; bei Wölbungen kommt aus dem Schube eine Längsdruckkraft hinzu, welche in den Querschnitten nur Druckspannung erzeugt, und zwar bei entsprechender Bemessung und Gestaltung der Wölbung in solchem Masse, dass dadurch die aus gleichzeitig wirkenden Biegungsmomenten erwachsenden Zugspannungen aufgehoben oder gar überwogen werden, während sich die aus beiden Ursachen folgenden Druckspannungen vereinigen. So kommt es, dass richtig bemessene Wölbungen in ihren Querschnitten nur Druckspannungen, wenn auch ungleichmässig verteilte, aufzunehmen haben und daher die Verwendung von Beton oder Mauerwerk eher gestatten als ebene tragende Körper. Daher haben die Alten denn auch die Ueberdeckung von Räumen mit Mauerwerk in Form der Wölbung früh erlernt. Unter den neueren Ansprüchen unterworfenen Wölbungen, d. h. den flachen und hohen, beweglichen Lasten ausgesetzten, kommt es aber sehr häufig vor, dass die Zugspannungen aus den Biegungsmomenten die Druckspannungen aus den Längsdruckkräften überwiegen. Solche Wölbungen sind dann also, wenn auch in minderem Masse als Platten und Balken, Zugspannungen ausgesetzt, und ihre Gestaltung aus Mauerwerk und Zement begegnet daher bis zu gewissem Grade denselben Schwierigkeiten, wie diejenige der Platten und Balken.

Im letzten Viertel des verflossenen Jahrhunderts ist nun der Gedanke verfolgt, diese Schwäche der sonst so vorzüglichen Baustoffe gegen Zugspannungen dadurch zu heben, dass man sie in den überwiegend gezogenen Teilen mit einem gegen Zug sehr festen Stoffe, meist dem Eisen, in Verbindung bringt und, sie so von der Aufnahme der Zugspannungen entlastend, nur ihre Widerstandsfähigkeit gegen Druck ausnutzt. Nach diesem Gedanken, der zuerst durch *Rabitz* und *Monier* in grösserem Umfange zur Durchführung für Bauzwecke gelangte, sich seither aber sehr verbreitet hat, ist es nun möglich, auch aus Beton oder Mauerwerk Körper herzustellen, die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Biegung besitzen.

Annähernd müssen die Eiseneinlagen auf der einen Seite eines gebogenen Querschnittes eine ebenso grosse Zugkraft aufnehmen, wie die Mörtel-, Beton- oder Mauerwerksteile an Druck auf der anderen; da nun die auszunutzende zulässige Zugspannung des Eisens etwa 40- bis 125mal grösser ist als die zulässige Druckspannung besten Betons bis gewöhnlichen Mauerwerkes, so hätte man danach wegen Dreiecksverteilung des Druckes auf den gedrückten Teil der Fugen etwa den 20. bis 63. Teil der gedrückten Teile der Fugenflächen an Eisenquerschnitt einzubauen, um eine Zusammensetzung zu erhalten, in der beide Arten von Baustoffen voll ausgenutzt werden. Diese wirtschaftlich wirksamste Zusammensetzung ist nun leider nicht immer ausführbar; denn auf der Zugseite befindet sich ausser dem Eisen auch noch der dieses einhüllende Mauer- oder Mörtelkörper, dessen Zugfestigkeit bekanntlich nur eine sehr geringe ist. Wird nun das Eisen so eingebettet, dass es unverschieblich im umhüllenden Körper haftet, so müssen die durch die Zugspannungen in Eisen und Umhüllung eintretenden Verlängerungen stets gleich bleiben, wenn keine Trennungen beider Teile voneinander eintreten sollen. Nun ist aber bei niedrigen Spannungen in der Umhüllung die Verlängerungsziffer des Eisens für 1 kg Spannung auf 1 qcm mit 0,0000005 nur etwa ein Zehntel derjenigen der Umhüllung mit 0,000005 und nur etwa ein Zwanzigstel derjenigen der Umhüllung mit 0,00001, wenn letztere höhere Spannungen auszuhalten hat. Daraus folgt, dass mittels der Haftfestigkeit des Eisens in der Umhüllung bei niedrigen Spannungen das Zehnfache der Spannung der Umhüllung auf das Eisen übertragen werden muss, damit gleiche Wirkungen in

beiden Teilen eintreten. Nun fteigen aber die für die beften Einhüllungsmittel zuläffigen Zugfpannungen nur bis etwa 8 kg für 1 qcm; bei den meiften find fie niedriger. Sonach wird man bei ihrer Einhaltung nur etwa 10 . 8 = 80 kg für 1 qcm auf das Eifen bringen können. Nimmt man an, es trüge mehr, fo würde es fich gegen die Umhüllung zuviel verlängern, daher aus der Umhüllung löfen müffen. Um das Eifen beffer auszunutzen, mufs man fich entfchliefsen, über die an anderen Stellen als zuläffig angefehenen Spannungen hinaus, etwa bis zur Bruchgrenze der Umhüllung, zu gehen, die für verfchiedene Umhüllungsftoffe etwa bei 6 bis 12 kg für 1 qcm beträgt. Dabei fteigt dann die Ausdehnungsziffer für 1 kg Spannung auf 1 qcm in der Umhüllung etwa auf 0,00001, fo dafs nun das Zwanzigfache auf das Eifen übertragen werden kann und mufs, wenn gleiche Reckungen in beiden aufrecht erhalten werden follen. Man käme fo zu einer Ausnutzung des Eifens mit etwa 120 bis 240 kg für 1 qcm, die immer noch fehr niedrig ift, hat dann aber bereits Körper mit Spannungen, die über die gewöhnlich zugelaffenen hinausgehen. Diefe Körper find nun zwar noch völlig ficher, da das Eifen ja erheblich mehr tragen kann, vorausgefetzt, dafs die Druckfpannungen auf der anderen Seite der Umhüllung nicht unzuläffig hoch werden; aber man ift der Entftehung von Riffen auf der Zugfeite ausgefetzt, da man fich in der Nähe der Bruchgrenze der Umhüllung befindet, die nach neueren Verfuchen *Confidère*'s [154]) freilich durch die Eifeneinlagen erhöht zu werden fcheint. Solche Riffe werden bei den geringen Längenänderungen des Eifens nun zwar fehr eng fein; immerhin giebt es aber Fälle, in denen fie unzuläffig find, wie in den Flächen reich zu bemalender oder reich mit Stuck zu verfehender Decken u. f. w. Liegt ein folcher Fall vor, fo bleibt nichts übrig, als die geringen zuläffigen Spannungen der Umhüllung auf der Zugfeite einzuhalten und fich damit zufrieden zu geben, dafs das Eifen und die Druckfeite der Umhüllung nur mit einem geringen Teile ihrer zuläffigen Leiftungsfähigkeit ausgenutzt werden; die Konftruktion wird dann zu Gunften der Vermeidung aller Riffe für die erforderte Tragfähigkeit zu ftark. In folchen Fällen ift in guten Betonumhüllungen durchfchnittlich mit der Dehnungsziffer 0,000005 zu rechnen und die Spannung im Eifen ift auf das etwa 10fache derjenigen der Umhüllung befchränkt.

Hat man es aber mit Fällen zu thun, in denen feine, auf der Zugfeite entftehende Riffe unfchädlich erfcheinen, wenn nur die verlangte Tragwirkung gefichert ift, wie dies bei den meiften nicht befonders fein auszuftattenden Bauwerken zutrifft, fo ift man in der Lage, das Eifen voll auszunutzen, indem man die Zugfeite der Umhüllung aufreifsen läfst, wo und wie fie will. Man hat dann noch das Mittel, die entftandenen Riffe fpäter zu verftreichen; dies wird aber nicht auf die Dauer helfen, da die bei jeder Be- und Entlaftung eintretende Bewegung den Verftrich doch wieder ftören wird. Hierbei werden die Spannungen auf der Druckfeite der Umhüllung fo hoch, dafs diefe völlig ausgenutzt werden kann und mufs, und dafs man bei guten Betonumhüllungen durchfchnittlich mit der Dehnungsziffer 0,00001 zu rechnen hat, da diefe mit wachfender Spannung bei derartigen Körpern zunimmt. Im allgemeinen ftehen diefe Ziffern leider noch wenig feft.

Hiernach wird die Berechnung derartiger Verbundkörper demnächft für zwei Gruppen von Fällen auf zwei verfchiedenen Grundlagen aufgebaut werden müffen. Ift die Entftehung von Riffen auszufchliefsen, fo ift mit niedriger Dehnungsziffer,

---

[154]) Siehe: Annalen f. Gewbe. u. Bauw., Bd. XLV (1899), S. 216. — Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235. — *Le genie civil*, Bd. XXXV (1899), Heft 14 bis 17.

für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0{,}000005$, und mit den auch fonft für Zug als zuläffig anerkannten Spannungen zu rechnen. Braucht man das Entftehen von Riffen nicht zu fcheuen, fo rechne man mit höherer Dehnungsziffer, für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0{,}00001$ der Umhüllung, und nutze diefe auf der Druckfeite mit der äufserften zuläffigen Druckfpannung, das Eifen mit der in ihm zuläffigen Zugfpannung aus.

Bei den mehrfach erwähnten Verfuchen *Confidère*'s ift neuerdings eine Beobachtung gemacht, welche die Gefahr des Entftehens von Riffen noch weniger bedenklich erfcheinen läfst, als fie oben hingeftellt wurde. Es wurde nämlich feftgeftellt, dafs mit Eifendraht durchzogene Beton- und Mörtelkörper auch bei feinfter Unterfuchung noch keine Riffe erkennen liefsen, wenn fie durch Zugfpannungen in einem Mafse gereckt waren, welches die Ueberfchreitung der Bruchgrenze des einhüllenden Stoffes bei dem Verfuche bewies. Um aber feftzuftellen, ob nicht dennoch unerkennbare Riffe vorhanden feien, fchnitt man aus den fo gereckten Körpern nach deren Entlaftung zwifchen den Drähten reine Mörtelftäbe heraus und fand durch neue Zugverfuche, dafs fie in der That noch die ihrem Stoffe eigentümliche Feftigkeit befafsen. Obwohl fie alfo mit dem Eifen verbunden eine Reckung erfahren hatten, die an einem reinen Mörtel- oder Betonkörper nicht hergeftellt werden kann, weil er vorher reifst, fo waren diefe Stäbe dennoch riffefrei und überhaupt in ihrem Gefüge nicht beeinträchtigt.

105. Eigenartige Wirkung des Mörtels in Verbundkörpern.

Diefe zunächft überrafchende Einwirkung der Eifeneinlagen auf den Umhüllungsftoff, die nur fo lange wirkt, als beide verbunden find, nach der Trennung aber wieder verfchwindet, alfo nicht etwa eine chemifche fein kann, ift vielleicht in folgender Weife zu erklären.

Bei höher belafteten Verbundkörpern tritt fehr bald in der Umhüllung des Eifens eine ihre Streckgrenze überfchreitende Spannung auf, die dann kaum noch einer Steigerung bedürfte, um in dem vom Eifen unabhängigen Körper in der bekannten Weife in Kürze den Bruch zu bewirken, wie ja auch beim Eifen nach Ueberfchreiten der Streckgrenze zur Erzielung des Bruches nur geringe Spannungserhöhung erforderlich ift. Beim freien Körper erfolgt hierauf die Streckung fehr bald nur noch an der durch Zufälligkeiten fchwächften Stelle, die dann die bekannte Einfchnürung annimmt und bricht, während die übrigen Querfchnitte kaum eine weitere Formänderung zeigen, alfo durch die Nachgiebigkeit der fchwächften Stelle fozufagen entlaftet werden.

Ift die Umhüllung nun aber in Verbindung mit dem fehr viel fefteren Eifen, welches auch bei Erreichung der Streckgrenze in der Umhüllung immer noch feiner Feftigkeit gegenüber geringe Spannungen aufzunehmen hat, fo wird die Umhüllung verhindert, den zum Bruche führenden fchnellen örtlichen Fortfchritt der Streckung anzunehmen; vielmehr wird die umhüllende Maffe gezwungen, eine für die ganze Länge gleichmäfsige Streckung anzunehmen, die der Längenänderung des Eifens entfpricht, und fie kann diefe Streckung, ohne zu brechen, erleiden, da die Streckungen nach Ueberfchreitung der Streckgrenze bekanntlich um ein erhebliches fortfchreiten können, ohne dafs dazu eine wefentliche Erhöhung der Spannung erforderlich wäre.

Der bei hoher Belaftung der Verbundkörper eintretende Vorgang fcheint danach folgender zu fein. Zunächft wachfen die Spannungen in Eifen und Umhüllung ganz

oder nahezu geradlinig derart an, dafs die elaftifchen Reckungen des Eifens gleich den elaftifchen und bleibenden der Umhüllung bleiben. Ift aber die Streckgrenze des Stoffes der Umhüllung erreicht, fo giebt diefe den weiteren Reckungen des Eifens nach, ohne dabei noch gröfsere Spannungen aufzunehmen, aber auch ohne bei einem erheblichen Mafse weiterer Reckung zu reifsen. Danach kann man fich die widerftehende Wirkung des Mörtels in der Zugfeite einer gebogenen Umhüllung fo denken, dafs die Spannung von der Nulllinie aus nach aufsen nahezu geradlinig zunimmt, bis fie in einiger Entfernung von der Nulllinie die Streckgrenze erreicht; alle noch weiter nach aufsen liegenden Teile der Zugfeite leiften dann die der Streckgrenze entfprechende Spannung, ohne ihre Leiftung bei wachfender Belaftung noch zu erhöhen. Wird der Körper alfo nicht gebogen, fondern nur gezogen, fo hätte man zur Feftlegung der Widerftandsfähigkeit des Ganzen zuerft den Querfchnitt der Umhüllung als mit der Spannung an der Streckgrenze wirkend zu berechnen und den darüber hinaus erforderten Widerftand allein dem Eifen aufzubürden. Erft wenn in folcher Weife in letzterem zu hohe Spannungen entftehen, erfcheint der ganze Verbundkörper gefährdet.

Diefe Anfchauungen fcheinen beftimmt zu fein, eine fichere Grundlage für die Berechnung von Verbundkörpern zu fchaffen, und wir werden den Aufbau der Berechnungen auf denfelben als Grundlage in Kap. 9 mitteilen, wenn auch ihre Richtigkeit immerhin noch der Beftätigung bedarf und wenn auch die Streckgrenze für die in Frage kommenden Stoffe noch nicht genügend feftfteht. Wir werden jedoch im vorliegenden Hefte die ftatifchen Nachweife in erfter Linie noch auf den oben umfchriebenen, heute wohl als zweifellos etwas übertrieben ficher zu bezeichnenden Boden ftellen, dafs man in der Umhüllung die für Zug auch ohne Eifenlagen zuläffigen Zugfpannungen nicht überfchreiten darf, wenn man gegen das Entftehen von Riffen als Folge der Spannungen gefichert fein will, dafs man aber die Umhüllung als keinen Widerftand leiftend zu betrachten hat, fobald diefe Grenze der zuläffigen Zugfpannung überfchritten wird. Formeln, entwickelt unter Einführung der eigentümlichen Wirkung der Streckgrenzenfpannung, find auch verfchiedentlich bereits anderwärts aufgeftellt[155]); fie ergeben felbftverftändlich fchwächere Körper als die von uns oben feftgeftellte Grundlage der Berechnung.

106. Wechfel der Spannungen nach Art und Ort.

Hat man es mit Bauteilen zu thun, deren Querfchnitte Momenten wechfelnden Sinnes ausgefetzt find, fo dafs jede Seite bald Zug, bald Druck erhält, fo hat man jeder Seite eine Eifeneinlage zu geben. Dies tritt z. B. bei aus folchen Verbundkörpern hergeftellten, wechfelnder Belaftung ausgefetzten Bogen ein. Bei folchen Konftruktionen ift für den Fall, dafs fie, nach der zweiten Grundlage berechnet, der Entftehung von Riffen ausgefetzt find, der Gedanke unangenehm, dafs eine Stelle, welche bei einem Laftzuftande aufgeriffen ift, bei dem durch Veränderung der Laftftellung eintretenden Wechfel des Sinnes des Angriffsmoments nun Druck übertragen mufs. Man braucht diefes Verhältnis aber in der That nicht zu fcheuen; denn die feinen Riffe, welche, wenn fie entgegen den obigen Ausführungen wirklich auftreten, dann ftets faft genau rechtwinkelig zur Richtung des Druckes ftehen, ftören die Aufnahmefähigkeit der Umhüllung für Druck wenig, und die Beweglichkeit des Bogens wird durch Oeffnen und Schliefsen diefer feinen

155) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235; Bd. 36, S. 159. — Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 83, 93. — Bauing.-Ztg. 1901, S. 9. — *Revue technique de l'expofition univerfelle de 1900.* Paris 1900 Teil I, Bd. 2, S. 36. — Vergl. auch die Quellenangaben zu Kap. 9.

Riffe nicht gefteigert, da deren Weite ja nur der fo wie fo eintretenden Verlängerung und Verkürzung der Eifeneinlage entfpricht.

Dafs die Eifeneinlage ftets auf der Seite der Verbundkörper liegen mufs, auf der die Zugfpannungen wirken, folgt aus dem Gefagten ohne weiteres. Hat man es alfo mit Körpern zu thun, bei denen an verfchiedenen Stellen Zug- und Druckfeite wechfeln, wie z. B. bei einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, welche über den Trägern oben, in der Mitte der Fache unten gezogen ift, fo entfteht eine gefchlängelte Geftalt der Eifeneinlage; im angedeuteten Falle liegt fie über den Trägern der Oberfeite, in den Fachmitten der Unterfeite der Platte nahe.

Bezüglich des Abftandes der Eifeneinlage von der Aufsenfläche find die Umftände mafsgebend, dafs die Wirkung um fo günftiger wird, je näher die Einlage der Aufsenfläche liegt, dafs aber andererfeits die Umhüllung des Eifens nach der Aufsenfläche hin noch ftark genug fein mufs, um ficher zu fein, d. h. namentlich, um verhüten zu können, dafs die Vorgänge der Spannungsentwickelung die zu fchwache Mörtelleifte vor dem Eifen ausfprengen, fo dafs diefes dann nach aufsen frei liegt. In guten Mörtel eingelegte dünne Drähte und rechtwinkelig zur Aufsenfläche ftehende dünne Bandeifen werden von 0,5 cm Mörtel noch ficher eingehüllt; ftärkeren Drähten wird man mindeftens 1 cm Abftand von der Aufsenfläche geben, und ftärkere Eifen erfordern gröfsere Abftände, namentlich wenn es fich um Einbettung in Beton handelt, da dann der fichere Schlufs aufserhalb des Eifens von der Korngröfse des verwendeten Steinftoffes abhängt. Auch ift zu beachten, dafs das fichere Einftampfen unter breiten Körpern fchwierig wird, wenn die Schicht zwifchen Eifenkörper und Rüftung oder fonftiger Unterlage zu dünn wird. Will man z. B. grofse I-Träger in groben Beton einftampfen, fo wird man die Flanfchkante wohl mindeftens 12 cm von der Aufsenfläche ablegen müffen. Befonders fchwierig ift das Einbetten dünner Bandeifen mit der Breite in der Richtung der Aufsenfläche, eine theoretifch fehr wirkfame Anordnung, die aber an der Schwierigkeit des ficheren Schliefsens der Umhüllung aufserhalb der breit liegenden Bandeifen fcheitert.

107. Abftand der Eifeneinlage von der Aufsenfläche.

Ferner ift auf den richtigen Fortfchritt des Einftampfens achtzugeben. Wählt man diefen fo, dafs es nötig wird, frifchen Mörtel oder Beton gegen fchon abgebundenen zu bringen, fo wird man zwifchen beiden Trennungsfugen erhalten, die bezüglich ficherer Aufnahme der Längs- und der Scherfpannungen verfagen. Das Fortfchreiten ift fo zu wählen, dafs fich das Nachfolgende ftets ficher mit dem Vorhergehenden verbindet und dafs keine Hohlräume unter oder hinter ftarken Eifeneinlagen entftehen.

108. Fortfchreiten des Einftampfens.

Bezüglich der Art des Einbringens wird wohl die Regel aufgeftellt, dafs Schichten rechtwinkelig zur Richtung der gröfsten Längsfpannungen gebildet und in der Richtung diefer Spannungen geftampft werden follen. Diefe Regel ift meift fchwer zu befolgen und führt durch den entftehenden Zeitverluft unter Umftänden gerade zu Verfchlechterungen. Wenn die zuerft angeführten Vorfchriften beachtet und alle Teile nur überhaupt gut geftampft, bei Mauerwerk die Fugen fatt gefüllt und feft gefchloffen werden, fo wird aus der Nichtbeachtung der letzteren Regel kein Schaden erwachfen.

Gegen diefe Verbundkörper ift anfangs der Einwand erhoben, dafs der Zufammenhang der beiden ganz verfchieden gearteten Stoffe durch Wärmewechfel gefährdet werden müffe. Diefer Einwand ift nicht ftichhaltig, da die Wärmeaus-

109. Einflufs des Wärmewechfels.

dehnungsverhältniffe beider Stoffe, des Eifens und der Umhüllung, faft völlig übereinftimmen, und das ganz eingehüllte Eifen kann keinen erheblich anderen Wärmegrad annehmen als die Umhüllung; letztere fchützt als fchlechter Wärmeleiter mit vergleichsweife geringer Oberfläche das Eifen.

110. Inhaltsunbeftändigkeit des Mörtels

Ein fehr viel gewichtigerer Einwand gegen diefe Verbundwirkung ergiebt fich aus der Inhaltsunbeftändigkeit der Mörtel, insbefondere des Zements und der Zementmörtel [156]). Unter Waffer erhärtend, dehnen fich die Mörtelkörper bis zur Dauer von etwa drei Jahren aus, während das Eifen feine Länge zu wahren fucht. Die Folge ift, dafs fich das Eifen der Ausdehnung widerfetzt, dabei felbft Spannung erleidend, und der Mörtelkörper gezwungen wird, feine Ausdehnung auf das für feine Natur zu geringe Mafs zu befchränken, welches ihm das Eifen durch feine geringe Verlängerung zugefteht. Diefe Befchränkung der Ausdehnung des Mörtelkörpers kann aber nur durch Entftehung von Druckfpannung im Mörtel zu ftande kommen, welche nahe an den Eifeneinlagen am gröfsten ift, weiter nach aufsen abnimmt und in einem gewiffen, aber grofsen Abftande vom Eifen verfchwindet. Hat man es alfo mit einem Verbundkörper befchränkter Abmeffungen zu thun oder kehren die Eifeneinlagen in einem gröfseren Körper in geringen Abftänden wieder, fo wird man es bei Lage unter Waffer nach dem vollftändigen Abbinden mit einem künftlichen Zuftande von bleibender Spannung zu thun haben, welcher das Eifen zieht, den Mörtel zufammendrückt. Macht man den Eifenquerfchnitt fchwach genug, fo wird es unzweifelhaft gelingen, die Einlage lediglich mittels des Abbindens des Mörtels abzureifsen. Diefe Gefahr tritt aber bei den vorkommenden Querfchnittsverhältniffen zwifchen Mörtel und Eifen nicht ein. Der fo gefchaffene Zuftand kann fogar als ein günftiger bezeichnet werden; denn die Gefahr für die Mörtelteile lag in der Zugbeanfpruchung durch die Belaftung, die durch die vor Auftreten der Laft vorhandenen Druckfpannungen verringert, vielleicht in einzelnen Fällen aufgehoben wird. Dabei vereinigen fich allerdings die anfänglichen und die aus der Laft entftehenden Druckfpannungen auf der Druckfeite, und die entfprechende vergröfsernde Vereinigung von Zugfpannungen geht in der Eifeneinlage vor fich. Da aber der Mörtel gegen Druck fehr viel widerftandsfähiger ift als gegen Zug und die Eifeneinlagen nach den obigen Auseinanderfetzungen fehr häufig nicht annähernd voll ausgenutzt find, fo haben diefe Spannungsvergröfserungen wenig Bedenkliches. Bei der Berechnung folcher Verbundkörper wird in Kap. 9 auch nachgewiefen werden, dafs eine Längsdruckkraft für fie gegenüber dem Angriffe von Biegungsmomenten geradezu als eine günftige Entlaftung aufgefafst werden kann.

Hiernach ift die Inhaltsunbeftändigkeit der Mörtelkörper bei Lage unter Waffer eher als günftiger denn als ungünftiger Umftand anzufehen, der jedoch bei der Feftfetzung der Abmeffungen nicht aus dem Auge zu laffen ift, damit nicht gegen die Abficht dünne Eifeneinlagen auf Zug und die Druckfeite des Körpers auf Druck überlaftet werden.

Leider ftellen fich diefe Verhältniffe ungünftiger bei dem hier in Frage kommenden, an der Luft erhärtenden Verbundkörper; denn in diefem Falle fuchen fich Zement- und Mörtelkörper nach einem Verhältniffe zu verkürzen, welches dem Verlängerungsverhältniffe einer fchon hohen Zugfpannung entfpricht. Das Ver-

[156]) Vergl. die Unterfuchungen *Confidère's* über Verbundkörper aus Mörtel und Eifen in: *Le génie civil,* Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — *Revue induftrielle,* Bd. XXIX (24. Dez. 1898), S. 518; Bd. XXX (Januar 1899), S. 28. — GLASER's Annalen f. Gewbe. u. Bauw., Bd. 45 (1899), S. 216. — Zeitfchr. f. Berg-, Hütten- u. Mafchinen-Ind., Bd. XIX (1900), S. 10. — Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93.

kürzungsverhältnis beim Abbinden in drei Jahren beträgt bei reinem Zement etwa $0{,}002$, das Verlängerungsverhältnis für 1 kg Spannung auf 1 qcm aber $0{,}000093$; somit ist ein Zug von $\frac{0{,}002}{0{,}000093} = 21{,}5$ kg für 1 qcm nötig, um dem Körper seine ursprüngliche Länge wieder zu erteilen. Nun wird der Verbundkörper um so kräftiger verhindert, die angestrebte Verkürzung wirklich auszuführen, je mehr Eisenquerschnitt er enthält; denn das Eisen widersetzt sich der Verkürzung nach Maſsgabe des Unterschiedes seines Verkürzungsverhältnisses für 1 kg Spannung auf 1 qcm und desjenigen der Umhüllung, hindert letztere, die diesem Unterschiede entsprechende Verkürzung auszuführen, erzeugt also so beträchtliche Zugspannung in derselben, daſs sie dadurch allein in vielen Fällen über das zulässige Maſs hinaus gezogen werden wird. In der Eiseneinlage entstehen dabei Druckspannungen, die nachher die Zugspannungen aus der Belastung vermindern, und ebenso verringert die Zugspannung aus der Verhinderung der Verkürzung in der Umhüllung die Druckspannung aus der Last auf der Biegungsdruckseite. Diese Entlastungen nutzen aber nichts, da sie Teile betreffen, die ihrer nicht bedürfen. Auf der Biegungszugseite der Umhüllung kommt aber die Zugspannung aus der Last zu der aus der Verhinderung der Verkürzung, und diese Vereinigung wird sehr häufig Spannungen liefern, die die Bruchgrenze erreichen oder überschreiten, und so wird man das Entstehen feiner Risse auf der Zugseite mit noch gröſserer Wahrscheinlichkeit erwarten müssen, als sich aus den früher angeführten Gründen ergiebt.

Mit diesem Gedanken wird man sich bei Verwendung der Verbundkörper abfinden müssen, da die Ursachen der geschilderten Erscheinungen nicht zu beseitigen sind. Zu erwähnen ist aber noch, daſs die Inhaltsunbeständigkeit um so mehr schwindet, je weniger Mörtelkittmasse der Körper enthält; am ungünstigsten sind daher in dieser Beziehung reine Zementkörper, darauf folgen fette und magere Zementmörtelkörper, verlängerte Zementmörtel-, fette und magere Beton- und schlieſslich Mauerwerkskörper in der angegebenen Reihenfolge. Bei überwiegend aus Stein bestehenden Mauerwerkskörpern verschwinden die geschilderten ungünstigen Erscheinungen fast ganz; dagegen sind Beton- und Zementmörtelkörper nicht viel günstiger als solche aus reinem Zement, weil ihrer gröſseren Inhaltsbeständigkeit zugleich ganz erheblich niedrigere Zugfestigkeiten gegenüberstehen.

111. Haften der Umhüllung an den Eiseneinlagen.

Voraussetzung für das Zustandekommen der geschilderten Tragwirkung und für das Eintreten der übrigen Erscheinungen an den Verbundkörpern ist das völlig unverschiebliche Haften der Umhüllung an den Eiseneinlagen innerhalb der Spannungsgrenzen, die in Frage kommen. Ist dieses Anhaften nicht erzielt, kann sich also die Umhüllung längs gegen die Einlagen beliebig verschieben, so sind die letzteren fast völlig nutzlos für die Tragwirkung. Bezüglich des Grades dieses Anhaftens findet man vielfach[157]) das Maſs von 40 kg für 1 qcm Eisenoberfläche angegeben, das alle in dieser Beziehung vorkommenden Bedürfnisse übersteigt. Dieses durch Versuche festgestellte Maſs wird sich erreichen lassen, wenn man das metallisch reine Eisen mit der Säure des Zements überall in satte Berührung bringt und dafür sorgt, daſs hinreichend lange freie Kieselsäure vorhanden ist, um die kieselsauren Eisenverbindungen entstehen zu lassen, auf deren Bildung die Erscheinung des Haftens von Eisen im Mörtel zu beruhen scheint. Diese Bedingungen sind aber leider bei Bauausführungen selten erfüllt. Selbst das reine Eisen ist von der

157) Z. B. von *J. F. Kleine* in Erbach.

Erzeugung her mit Oxydationserzeugniffen bedeckt, trägt meift eine dünne Roftfchicht, ja häufig Schmutz und Fett auf der Oberfläche; die Vollftändigkeit der Einbettung kann nicht überwacht werden, und die unvollkommene Mifchung oder die Magerkeit des umhüllenden Mörtels ftellen das Vorhandenfein genügender Mengen von nicht abgebundener Mörtelkittmaffe oft in Frage. So findet man denn beim Auffchlagen folcher Verbundkörper in der Mehrzahl der Fälle, dafs fich das Eifen ohne weiteres aus der Umhüllung löft und dafs Verbindungen des Eifens mit den Mörtelbeftandteilen nicht eingetreten find, dafs die Mörtelfläche, an der das Eifen lag, vielmehr einen fpiegelnden Glanz zeigt. Auch diefer Umftand fteht der vollen Ausnutzung der Verbundkörper entgegen; jedenfalls ift es nicht ratfam, auf das Vorhandenfein erheblichen Widerftandes gegen Scherfpannungen zwifchen Eifen und Mörtel zu rechnen, aber empfehlenswert, fette Mörtel zu verwenden, die dann wieder die Folgen der Inhaltsunbeftändigkeit fteigern.

112. Widerftände gegen Verfchieben der Eifeneinlagen.

Um nun einen Erfatz für das recht fragliche chemifche Anhaften des Eifens an der Umhüllung zu fchaffen, werden in vielen Anordnungen Mittel verwendet, um das Haften durch Anbringen von Widerftänden gegen Verfchiebung zu erzielen. Diefe kommen alle auf eine folche Geftaltung der Eifeneinlagen heraus, dafs das Herausziehen derfelben auch dann nicht möglich ift, wenn die chemifche Verbindung ausbleibt. Im folgenden werden viele derartige Mittel vorgeführt werden. Der Erfolg diefer Mittel wird noch durch den Umftand gefördert, dafs das Beftreben der Umhüllung, fich beim Abbinden an der Luft zufammenzuziehen, die Einlagen in gewiffem, geringem Grade einklemmt, alfo die Reibung zwifchen beiden Körpern erhöht.

113. Geftaltung der Eifeneinlagen.

Die Geftaltung der Eifeneinlagen[158]), die aus naheliegenden Gründen möglichft einheitlich und einfach fein follte, zeigt, wohl wieder mit aus Anlafs des Strebens nach Erteilen von Patenten, eine ziemlich reiche Mufterreihe; die wichtigften führen wir hierunter an. Ihre Befchreibung kann kurz ausfallen, da der Lefer nach den obigen Auseinanderfetzungen felbft in der Lage fein wird, den Wert der einzelnen Konftruktion abzufchätzen. Hier kommt es nur darauf an, die verfchiedenen Formen der Einlagen vorzuführen; ihre Verwendung zu Bauausführungen wird weiter unten ausführlich erörtert.

114. Drahtgewebe und -Netze.

Die erfte hier vorzuführende Konftruktion bilden die Drahtgewebe und -Netze. Einige Mufter von Netz- und rechtwinkeligen Gewebeeinlagen[159]) zeigen Fig. 204, 205 u. 206. Sie find verwendet von *Monier*, *Rabitz*, *Weyhe*, *Contancin*, *Roebling*, *Donath*, *Lilienthal* in der »Terraft«-Decke u. f. w.

Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206.

Diefe dünnen Drahtkörper betten fich gut ein und geben durch ihr Gefüge ein ftarkes Haften im Mörtel, auch wenn diefer nicht an das Eifen felbft anbindet. Es liegt auf der Hand, dafs Gebilde wie in Fig. 206 am günftigften find, da fie ausgefprochenen Kraftrichtungen gut entfprechen, während die Netze

[158]) Aufser den in den folgenden Fufsnoten angegebenen Quellen fiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 36 (1900), S. 93. — Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117.

[159]) Erzeugt und geliefert u. a. von: *C. S. Schmidt* in Niederlahnftein; *H. Heffmann* in Berlin; *Gebr. Dahler* in Saalfeld i. Th.; *Ph. Boecker* in Hohenlimburg-Unternahmer; *F. Garelly jun.* in Saarbrücken; *K. Brückel* in Dufſeldorf; *W. Vollmann* in Gevelsberg i. W.

nach Fig. 204 u. 205 des Widerftandes der Umhüllung bedürfen, um bei ftarker Belaftung vor Verzerrungen gefichert zu fein.

Weiter werden Bleche als Eifeneinlagen verwendet. Eine neuerdings viel angepriefene und namentlich in Nordamerika benutzte Blechform ift das in Fig. 207, 208 u. 209 dargeftellte Blechnetz[160]). Das Blech wird nach dem in Fig. 207 dargeftellten Mufter eingefchnitten und in der Pfeilrichtung auseinander gezerrt, fo dafs Formen wie in Fig. 208 u. 209 entftehen. Das rhombifche Netz, deffen Mafchenfeiten von den beim Oeffnen der Mafchen windfchief verdrehten Blechftreifen gebildet werden, bildet einen Körper, der fich mittels der vielen Vorfprünge, in die der Mörtel eingreift und der Löcher, durch die er durchbindet, fehr innig mit der Umhüllung verbindet, 115. Bleche.

Fig. 207.

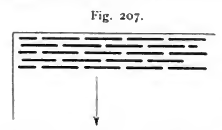


Fig. 208.

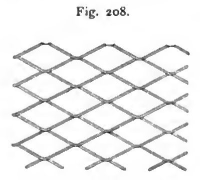
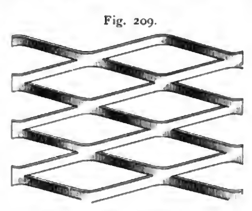


Fig. 209.

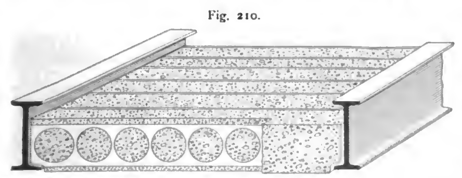


aber keine hohen Spannungen verträgt, weil die Art der Herftellung das Gefuge des Eifens ftört und weil keine Längsformen geradlinig in der Richtung der gröfsten Spannkräfte durchlaufen.

Neuerdings werden diefe Blechnetze auch in Deutfchland[161]) und Frankreich[162]) eingeführt. Sie tragen die Bezeichnungen »Streckmetall«, *Expanded metal* und *Métal déployé*.

E. Krieg & P. Zivy in Grand-Montrouge (Seine) liefern als Einlage in Beton nach den verfchiedenften Muftern, Lochweiten und Stegbreiten rund oder quadratifch gelochte Stahl- und Eifenbleche, welche hohe Feftigkeit ergeben werden, da die verbliebenen Blechteile keiner gewaltfamen Bearbeitung ausgefetzt find. Bei hinreichender Zahl und Gröfse der Lochung findet eine fichere Verbindung der Betonlagen auf beiden Seiten des Bleches ftatt (*Métaux perforés*).

Fig. 210.



Aehnliche Einlagen fuhrt *Golding*[163]) in Nordamerika aus Stahl- und Flufseifenblechen ein.

160) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 391; Bd. XXXVII (1897), S. 255, 269. — *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265. — *Engng.* 1900 — II, S. 331 — *Revue technique*, Bd. XXI (1900, Juli), S. 289.

161) In Deutfchland vertreten durch *Schüchtermann & Krämer* in Dortmund.

162) Saint-Denis bei Paris. *Revue technique*, Bd. XIX (1899), S 319.

163) Siehe: Zeitfchr. f Arch. u. Ing. 1898, Wochausg., S. 752.

C. Weyler in Heilbronn ſtellt die Bleche hochkantig, während bei den oben erwähnten Blechformen flache Lage vorausgeſetzt iſt. Er verſieht ſie nach Fig. 210 mit ſehr groſsen Löchern, ſo daſs das Durchbinden des Mörtels geſichert iſt. Auf dieſe Weiſe entſtehen nahe bei den Auſsenflächen der Umhüllung Eiſengurte, die

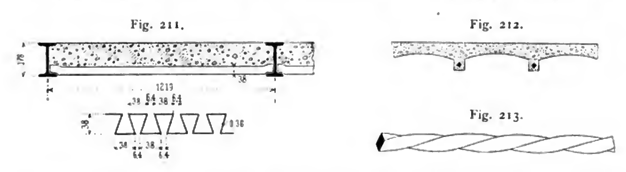


Fig. 211. Fig. 212. Fig. 213.

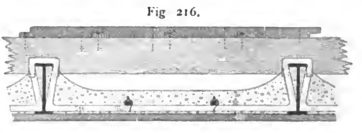
im Inneren durch ſchmale Stege verbunden ſind, alſo ein ſehr feſt geſchloſſenes Gefüge der Einlage und ſtarkes, von den chemiſchen Wirkungen unabhängiges Haften ergeben.

Die Blecheinlage von *Bailey*[164]) beſteht im Gegenſatze zu den vorigen nicht aus gelochten, ſondern aus nach Fig. 211 trapezförmig zuſammengebogenen Blechen, welche den unteren Abſchluſs bilden, alſo nicht umhüllt werden, ſondern ſelbſtändige Trägerwirkung beſitzen. Bei guter Ausfüllung der nach oben offenen Trapezräume kommt daneben auch die Verbundwirkung in gewiſſem Maſse zu ſtande. Die nach unten offenen Trapezräume können zum Einlegen von Befeſtigungsmitteln für eine Decke verwendet werden.

Fig. 214. Fig. 215.

116. Quadrateiſen.

Quadrateiſen ſind nach Fig. 212 in Nordamerika ſchon früh als Einlagen verwendet. Sie haben den Vorteil, daſs ſie bei beſtimmtem Querſchnitte verhältnismäſsig viel Oberfläche beſitzen, daher vergleichsweiſe gutes Haften im Mörtel ergeben, ſoweit die chemiſche Verbindung in Frage kommt. Um die Feſtigkeit des Haftens darüber hinaus zu erhöhen, werden die Quadrateiſen meiſt nach Fig. 213 u. 214 um ihre Längsachſe verdreht[165]). Fig. 215 u. 216 zeigen Beiſpiele der Verwendung von Quadrateiſen aus franzöſiſchen Konſtruktionen, Fig. 217 aus einer amerikaniſchen[166]).


Fig 216.

117. Rundeiſen.

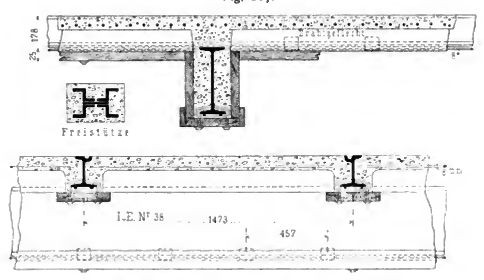
Rundeiſen gehören wegen der bequemen Verwendung, des leichten Bezuges und des niedrigen Preiſes zu den beliebteſten Einlagen, obgleich ihre Form mit dem Geringſtwerte der Oberfläche für das Haften nicht eben die günſtigſte iſt. Um ſie gut in die Umhüllung zu binden, werden ſie wohl mit feinen Drähten feſt umwickelt,

[164]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

[165]) Siehe: *Nouv. annales de la conſtr.* 1887, S. 29. — Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

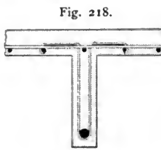
[166]) Siehe: *Ranſome-concrete-floor. Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398. (In Fig. 217 deuten die runden Punkte die Quadrateiſen an.)

Fig. 217.



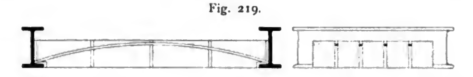
die dann noch angelötet werden. Liegen mehrere Rundeifen einander nahe, fo werden fie meift durch quer gezogene und umgefchlungene dünne Drähte oder auch durch Blechfchlingen verbunden, wodurch auch eine Verftärkung der Einbindung in die Umhüllung erzielt wird.

Fig. 218.



Eine befonders verbreitete Verwendung des Rundeifens bringt die Bauweife *Hennebique*[167]) mit fich, nach der Tragwerke grofser Weite wie auch kleinere aus einem durch Draht und Bandeifen verfteiften Gerippe durch Einhüllung in Mörtel oder Beton hergeftellt werden (Fig. 218). Befonders beliebt ift dabei die Anordnung von vorfpringenden Rippen unter einer Platte, die an der äufserften Kante durch Rundeifen verftärkt, diefen bezüglich der Druckfeite der ganzen Anordnung einen grofsen Hebel und fo dem Ganzen ein grofses Widerftandsmoment geben.

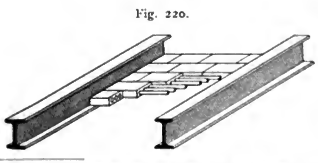
Fig. 219.



Sonftige Beifpiele der Verwendung von Rundeifen zeigen Fig. 219 bis 221.

In Fig. 218[168]) find die Rundeifen ohne jede Verbindung mit anderen Teilen als felbftändige Abfchnitte dem Beton eingefügt. In Fig. 219[169]) bilden fie Einlagen in den Fugen einer gemauerten Platte. In Fig. 220[170]) find fie in die Löcher von Lochfteinreihen eingelegt. In Fig. 221[171]) find fie durch Umbiegen der Enden in innigere Verbindung mit den Balken einer Betonplatte gebracht,

Fig. 220.



167) Von vielen anderen Quellen wird hier genannt: Zeitfchr. f. Berg-, Hütten- u. Mafchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57. — *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — Weiteres bei der Einzelbefprechung in Art. 138.

168) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

169) Victoria-Decke. Gefellfchaft Hanfa in Bremen.

170) Erzeugt von: *Demski* in Wien.

171) Erzeugt von: *Chrometzka* in Breslau. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477

gegen die fie durch fchräges Antreiben kräftig verfpannt find. Als Einlage in die entfprechend geftalteten Fugen von Hakenformfteinen verwendet *Donath* [172]) das Rundeifen, und zwar mit vergleichsweife grofsem Durchmeffer.

118. Bandeifen.

Bandeifen finden gleichfalls vielfach Verwendung, obwohl fie nicht fo günftig einzulegen find wie die Stabeifen. Stellt man fie hochkantig, fo find fie zwar gut einzufugen; aber bei Körpern von nicht fehr grofser Dicke kommt der innere Teil in eine Gegend des Querfchnittes, in der die Zugfpannungen fchon erheblich abnehmen. Legt man fie flach, fo kommt zwar der ganze Querfchnitt zu gleichmäfsiger Ausnutzung; aber der Raum unter dem Bandeifen ift fchwer dicht mit Mörtel oder Beton zu fchliefsen. (Vergl. Art. 107, S. 115.)

Fig. 221.

Fig. 222 zeigt die Verwendung von hochkantig ftehenden Bandeifen in den Fugen gewöhnlicher Backfteine, Loch- oder Schwemmfteine nach *Kleine & Stapf* [173]).

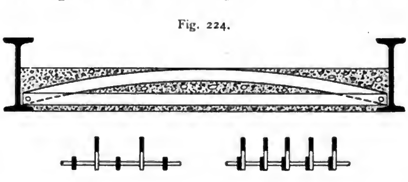
Nach Fig. 223 [174]) bilden die hochkantig ftehenden Bandeifen Zugeinlagen in fertig geformte Lochtafeln aus Bimsfand, Kalk und Zement.

Fig. 222.

Fig. 223.

Wilkens in Bremen fetzt aus hochkantig ftehenden Bandeifen vollftändige kleine Tragwerke zufammen, die in den Mörtel eingelagert werden, bei denen alfo eine Verftärkung nicht blofs der Zugfeite, fondern auch der Druckfeite der Querfchnitte entfteht; ein Beifpiel fo gebildeter Tragbogen mit Zugbändern zeigt Fig. 224.

In Verbindung mit dem Drahtgewebe, als deffen Träger bis zur Vornahme der Einhüllung ift das hochkantig ftehende Bandeifen in der Konftruktion nach Fig. 225 [175]) verwendet. Es hat hier gröfsere Abmeffungen erhalten, fo dafs zu feiner vollftändigen Umfchliefsung die Anordnung von Rippenwulften auf der Umhüllung nötig ift. Damit geht feine Bedeutung als ausfchliefsliche Verftärkung der Zugfeite verloren. Es nimmt in feinem oberen Teile Druck auf und wird zum felbftändigen Träger.


Fig. 224.

[172]) Siehe: Deutfche Bauz. 1900, S. 544.

[173]) D. R.-P. 71 102. — Siehe u. a.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360. — Deutfche Bauz. 1894, S. 238.

[174]) Erzeugt von: Deutfche Zementbau-Gefellfchaft in Berlin. — Siehe auch: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897, S. 144. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutfche Bauz. 1894, S. 62.

[175]) Geliefert von: *C. Mobers & W. Wirtz* in Düffeldorf.

In Fig. 226 iſt das hochkantig ſtehende Bandeiſen mit Mörtel in Nuten von Back- oder ſonſtigen künſtlichen Steinen gelegt[176]), denen es beim Einbringen als Stütze und in der fertigen Decke als Zuggurtung dient.

Mittels übergehängter Blechhaken trägt das hochkantig ſtehende Bandeiſen die

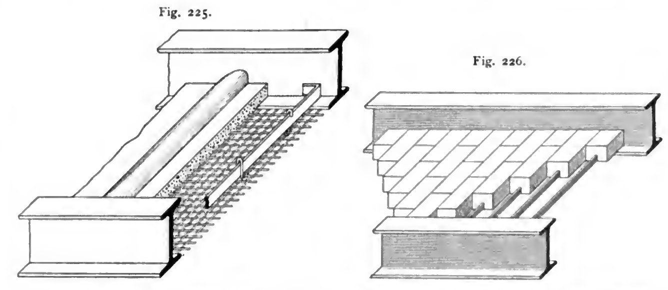


Fig. 225. Fig. 226.

Steinreihen beim Einlegen nach Fig. 227; es wirkt dann in der abgebundenen Decke als Zuggurtung. Die Dicken ſind in der Abbildung der Deutlichkeit wegen zu ſtark gezeichnet; das Ganze findet innerhalb der gewöhnlichen Fugen Platz.

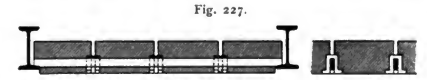


Fig. 227.

Bei allen dieſen Konſtruktionen bleibt das Bandeiſen glatt, ſo daſs das Haften im Mörtel nur auf dem chemiſchen Wege erzielt wird. Verſchiedene Mittel ſind verwendet, um dieſes Anbinden durch Vorſprünge kräftiger zu machen. Ausbeulungen des Flacheiſens durch ein Walzverfahren machen es zur »Wellblechſchiene«[177]), nach Fig. 228 u. 229, welche

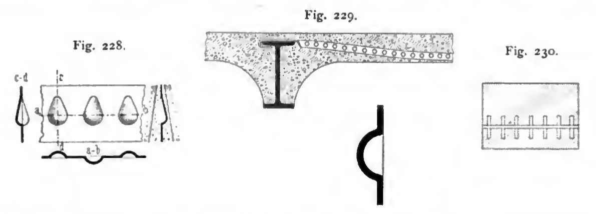


Fig. 228. Fig. 229. Fig. 230.

durch das Eindringen des Mörtels in die Buckelhöhlungen darin beſonders feſt gehalten werden.

Weiter werden nach *Hyatt*[178]) kurze Abſchnitte von Rundeiſen durch regelmäſsige Lochungen des Flacheiſens geſteckt, um dieſes gut einzubinden (Fig. 230).

---

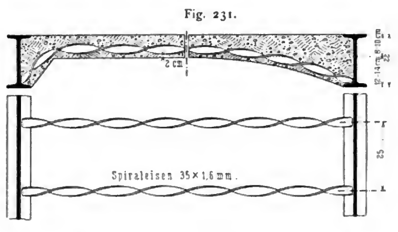
176) Univerſum-Decke von *F. A. Beny* in Oppenheim.

177) *Sümmermann-Schürmann* und *Kleine-Stapff*. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39; 1898, S. 52

178) Siehe: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

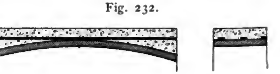
Thomas & Steinhoff in Mülheim a. d. Ruhr verwenden nach Fig. 231 beim Flacheifen das Mittel des Verdrehens um die Längsachfe, welches auch bei dem Quadrateifen fchon befprochen wurde, um das etwaige Nichteintreten chemifcher Verbindung unfchädlich zu machen. Diefes Mittel gehört jedenfalls zu den einfachften.

Fig. 231.



Flach gelegte Bandeifen verwendet *Zöllner*[179]) bei feiner Verbunddecke nach Fig. 232 und in befonders wirkfamer Weife *Möller* in Braunfchweig nach Fig. 233 in feiner Trägerdecke[180]), bei der das Bandeifen gegen Roft und Feuersgefahr erft nachträglich von unten verputzt wird. So wird die Schwierigkeit des Einbringens des dünnen Mörtels unter den Bandeifen gehoben, zugleich aber auf das allfeitige Anbinden des Eifens an den Mörtel verzichtet. Das befonders wirkfame Zugband ift daher hauptfächlich an den Enden durch angenietete Winkelabfchnitte unverfchieblich im Mörtel gemacht.

Fig. 232.

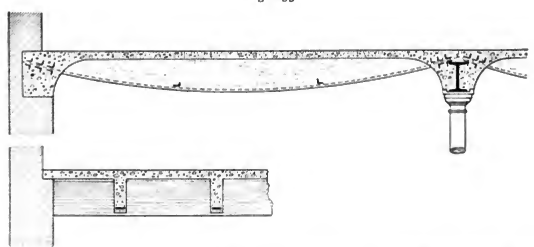


119. Formeifen.

Faft fämtliche übliche Walzformen des Eifens werden auch als Mörteleinlagen verwendet; wir führen hier einige Beifpiele folcher an.

In den Zementdielen von *Ambrofius*[181]) werden ungleichfchenkelige Winkeleifen verwendet, die durch Drahtgeflechte verbunden find, fo dafs ein grofser Eifenzugquerfchnitt entfteht; die hohen Winkelfchenkel ragen in die Mittelftege der Platten hinauf (Fig. 234).

Fig. 233.



Winkeleifen in geeigneten Fugen von Formfteinen verwenden u. a. *Donath*[182])

179) Siehe: Baugwks.-Ztg. 1898, S. 1776.

180) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006.

181) D. R.-G.-M 61437. — Geliefert von: *Schmidt & Langen* in Minden i. W.

182) Siehe: Deutfch. Bauz. 1898, S. 339.

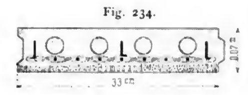
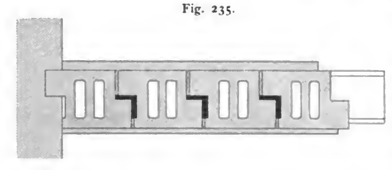


Fig. 234.

(Fig. 235) und *Mueller*[183]); letztere Konſtruktion ſieht aus Blech gebogene Bügel vor, um die Winkeleiſen von vornherein in beſtimmter Höhenlage gegen die Balken feſtzulegen (Fig. 236 u. 237).

Zwei Verwendungen von ⊥-Eiſen als Einlagen zeigen Fig. 238 u. 239 an der »Herkules«-Decke[184]) und der Deckenanordnung nach *Moſsner*[185]). Dieſe Form wird neuerdings viel verwendet, da die breiten Flanſche nahe der Zugſeite eine kräftige Zuggurtung liefern und der Steg die Verbindung mit der Umhüllung verbeſſert.


Fig. 235.

Z-Eiſen treten bei den Decken von *Mueller* (Fig. 236) wohl an die Stelle der Winkel nach Fig. 240, worin zugleich die Blechhaken zur ſicheren Lagerung der Eiſen an den Trägern angegeben ſind.

Schwerere Walzeiſen bis zu den gröſsten Querſchnitten, ja ſelbſt ganze genietete Träger als Einlagen verwendet *Melan* für ſchwer belaſtete Bogen. Dieſe Einlagen durchſetzen dann oft die ganze Höhe des Verbundkörpers, wirken alſo nicht bloſs

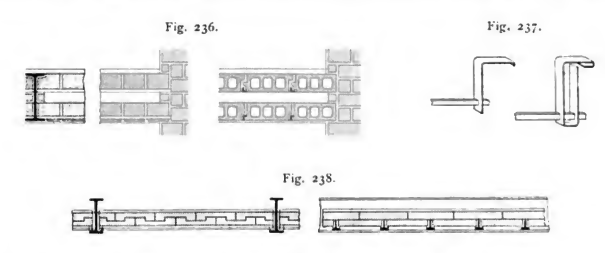
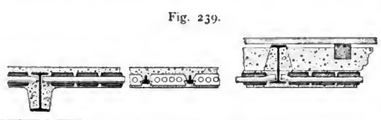

Fig. 236. Fig. 237.

Fig. 238.

als Zugglieder, ſondern als ſelbſtändige Tragwerke, die die Umhüllung auf beiden Seiten unterſtützen, ſelbſt aber durch dieſe in ſehr wirkſamer Weiſe abgeſteift werden. Eine *Melan*'ſche Ausführung[186]), bei der eine Eiſenbahnſchiene als Zugglied wirkt, die durch Drahtwickelung mit einem Rundeiſengerippe der übrigen Teile verbunden iſt, zeigt Fig. 241.


Fig. 239.

Bordenave[187]) verwendet in der Richtung der gröſsten Spannungen liegende **I**-, **L**- und **⊔**-Formen, aus 1,5 mm ſtarkem Bleche gebogen, oder auch

[183]) Geliefert von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin.
[184]) Geliefert von: *Häusler & Geppert* in Breslau.
[185]) Siehe: Deutſch. Bauz. 1896, S. 135.
[186]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45.
[187]) Siehe: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1893), S. 57.

I-Eiſen, in gröſseren Platten, alle auch in einem durch rechtwinkelige Ueberkreuzung entſtehenden Roſte und verbindet ſie durch Drahtwickelung (Fig. 242). Liegen die Formeiſen nur in einer Richtung, ſo werden ſie mit den umgewickelten Drähten zu einem Netze verbunden, wie ſchon in Fig. 240 gezeigt iſt.

Aehnlich biegt *Donath*[188]) **S**-förmige Einlagen aus Blech.

Das **I**-Eiſen geringer Abmeſſungen kommt ferner in der »Rippendecke« von *Koenen*[189]) nach Fig. 243 in Betonrippen zur Verwendung, welche die Eiſengurtung mit der oberen Druckplatte verbinden.

In nordamerikaniſchen Verbunddecken kommt das von der *Columbian fire-proofing Co.*[190]) eingeführte doppelte Kreuzeiſen nach Fig. 244 zur Verwendung,

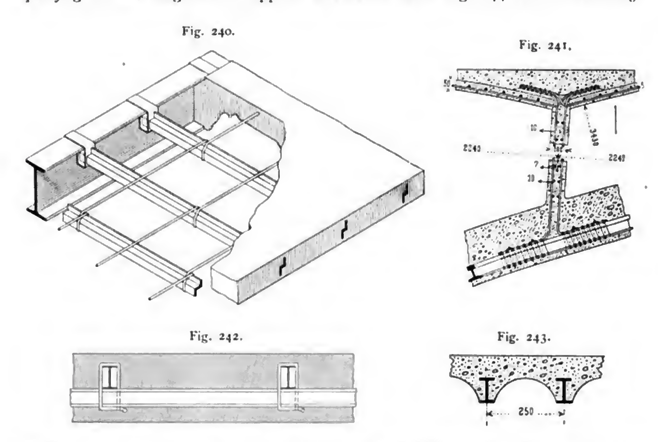


Fig. 240. Fig. 241. Fig. 242. Fig. 243.

welches mit den dargeſtellten Blechbügeln an den Balken aufgehängt wird. Abgeſehen von der groſsen und vielfach gebrochenen, für die Einbettung günſtigen Geſtalt ſcheint dieſes Eiſen keine beſonderen Vorzüge zu beſitzen; namentlich iſt es für die meiſten Fälle zu hoch, um lediglich oder überwiegend als Verſtärkung der Zugſeite zu wirken.

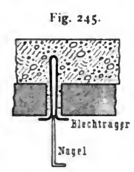
Fig. 244.

Aus Formeiſen mit einer flachen Seite, alſo **L**-, **⊥**-, ▲-, ◆- und ähnlichen Arten, geflochtene Gitter[191]) werden in der Weiſe hergeſtellt, daſs die Formeiſenſtäbe in der Länge jeder Seite der quadratiſchen Maſchen um 180 Grad um ihre Längsachſe verdreht werden, ſo daſs ſie in den Ueberkreuzungen ſtets mit der flachen Seite aufeinander zu liegen kommen und nötigenfalls noch ver-

[188]) Geliefert von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1900, S. 69.
[189]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50.
[190]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.
[191]) D. R.-P. 107181.

ftiftet werden können, aber fo, dafs derfelbe Stab in zwei aufeinander folgenden Ueberkreuzungen einmal oben und einmal unten liegt. Diefe fehr ftarken und feft in den Mörtel einbindenden Gitter werden von *Oberländer* in Dresden-Löbtau hergeftellt, haben jedoch den Mangel fehr grofser Querfchnitte der Stäbe, die in der Regel mit Rückficht auf das Zufammenarbeiten mit dem Mörtel nicht voll auszunutzen fein werden, da felbft die auf Drähte kommenden Spannungen meift fchon niedriger find als die üblichen zuläffigen.

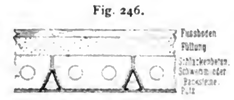
Fig. 245.



Schliefslich fei noch der aus Blech gebogenen vereinzelten Einlageformen neben den fchon genannten von *Bordenave* [187]) und von *Donath* [188]) gedacht. Die hierbei anzuführenden Formen follen mehr als felbftändige Träger, denn als Einlage wirken; fie find zugleich auch fo geftaltet, dafs fie das Anbringen des Deckenputzes erleichtern. 120. Aus Blech gebogene Einlageformen.

Der Träger von *Katz* befteht aus einmal zufammengefaltetem Bleche, deffen untere freie Ränder wagrecht abgebogen find (Fig. 245). Man kann fo Tragformen verfchiedener Höhen leicht herftellen; die unten fcharf zufammengebogene Fuge dient zum Eintreiben von Hakennägeln zur Befeftigung eines Haftmittels für den Putz unter der Eifenfläche.

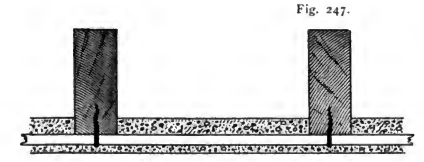
Fig. 246.

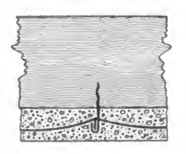


Der Hohlträger der »Germania«-Decke [192]) befteht aus einem winkelförmig zufammengebogenen Bleche mit nach innen gebörtelten Unterrändern (Fig. 246); der Innenraum wird unten mit Zementmörtel gefüllt, den die Börtelränder fefthalten; die fchrägen Flanken werden fo als Kämpferflächen für die aufzunehmende Einhüllung verfteift; die Mörtelfüllung giebt nach unten zugleich eine putzbare Fläche ab. Träger fehr verfchiedener Tragfähigkeit find leicht herzuftellen.

Auch andere Stoffe als Eifen find für Einlagen in Beton vorgefchlagen, allerdings wohl mehr als Mittel zur Herftellung der Decke ohne Einrüftung, als zur Erhöhung der Tragfähigkeit. So empfiehlt *Janfen* in Duisburg [193]) in feiner »Frameck« Juteleinen als Einlage, welches nach Fig. 247 über an den Balken befeftigte hochkantig ftehende Bandeifen gefpannt ift. Zuerft wird die obere Lage eingebracht, dann foll die von unten einzubringende, die zugleich die Bandeifen einhüllt, unter der Jute bis zum Erhärten genügend haften. 121. Befondere Anlagen.

Fig. 247.





Ausführungen der Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton mit Eifeneinlagen find nicht 122. Ausführungen.

[192]) Geliefert von: *C. Pötfch* in Minden i. W. — D. R.-G.-M.

[193]) Siehe: Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw 1897, S. 188.

häufig; denn Tragkörper dieser Art haben wenn nicht überwiegenden, so doch sehr erheblichen Längsdruck aufzunehmen, während die Biegungsmomente namentlich bei kleineren Fachweiten zurücktreten. Nach den einleitenden Auseinandersetzungen in Art. 104 (S. 110) ist dies aber eine Belastungsart, welche der Eigenart von Beton- oder Mörtelkörpern so entspricht, dass die Verstärkung gegen Zugspannungen durch Eisen meist zwecklos erscheint. So ist ja auch unter a, 1 und 2 für die verschiedenen Arten von Mauerwerk von solchen Einlagen keine Rede gewesen.

Fig. 248.

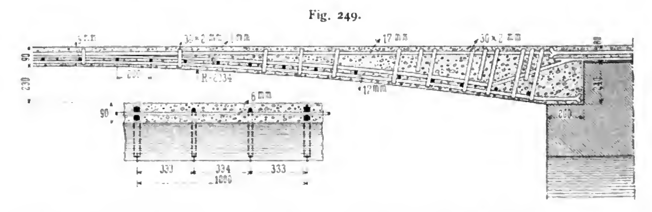




Als Anordnung mit einer für die Erhöhung der Tragfähigkeit bestimmten Eiseneinlage ist zunächst *Zöllner*'s Verbunddecke (siehe Fig. 203, S. 110) mit Schutz durch Backstein von unten anzuführen (Fig. 248). Hier tritt aber sogleich hervor, dass die Anordnung bezüglich der Wirkung des Eisens wenig durchdacht ist; denn es liegt in den meisten Querschnitten so, dass es gar nicht oder nur druckaufnehmend zur Geltung kommt.

Eine Wölbung grösserer Weite in einzelnen, hier von Gurtbogen gebildeten Fachen nach *Hennebique* für die Kellerdecke des neuen *Palais des Champs Elysées* in Paris für die Kunstabteilung der Weltausstellung im Jahre 1900[194]) zeigt Fig. 249.

Fig. 249.



Die Fache sind hier $6{,}10$ m weit und haben dabei nur 230 mm Pfeil, also ein Pfeilverhältnis von $1 : 26{,}5$. Deshalb ist anzunehmen, dass diese Decke mehr wie eine Platte als wie ein Gewölbe wirkt; infolgedessen sind denn auch die oberen Rundeisen über die stützenden Bogen, über denen bei negativen Momenten oben Zug und unten Druck aufzunehmen ist, als Zugeisen mit der Umhüllung ganz durchgeführt, während sich die unteren gedrückten Teile stumpf gegen eine obere Rippe des Gurtbogens setzen. Die Stösse der Längsdrähte sind durch 7 bis 8 cm lange Ueberdeckung mit Drahtumwickelung gedeckt; die freien Enden aller stärkeren Drähte sind aufgespalten und auseinander gebogen, um das Haften im Beton zu verbessern. Die Decke ist für 100 kg Eigenlast und 700 kg Nutzlast auf 1 qm durchgebildet.

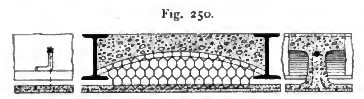
Der verwendete Beton besteht aus 1 Teil Zement, $2{,}5$ Teilen Sand und $5{,}5$ Teilen Kies, oder auf 250 kg Zement kommen 400 l Sand und 850 l Kies. Die Decke ruhte 8 Tage vor dem Ausrüsten auf dem Gerüste; 30 Tage alt wurde sie mit 1050 kg für 1 qm belastet, wobei die Durchbiegung innerhalb des vorgeschriebenen Masses von $1 : 800$ der Weite blieb.

Die meisten in Beton gewölbten Balkenfache mit Eiseneinlage erhalten letztere ersichtlich hauptsächlich zu dem Zwecke, die Ausführung zu erleichtern, d. h. das Einrüsten der Fache thunlichst ganz überflüssig zu machen.

194) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54.

In diefer Beziehung ift zunächft die fchon in Art. 50 (S. 63) zu Fig. 104 u. 105 befprochene »Hanfa«-Decke[195]) von *Weyhe* in Bremen anzuführen, deren Ausbildung für Eifenbalken in Fig. 250 dargeftellt ift. Zwifchen die Balken werden zuerft in 50 cm Teilung Bügel aus 1 cm ftarken Rundeifen eingefetzt und mit umgebogenen Enden in die Kehle zwifchen Steg und Flanfch der Balken gelehnt. An die Bügel werden Kreisabfchnitte von Drahtnetzen fo angehängt, dafs die geraden Unterkanten fämtlich in die Mittelebene des Deckenputzes fallen und ein wagrechtes, engmafchiges Netz ftraff ausgefpannt angehängt werden kann. In diefes wird der Deckenputz eingebracht, der jedesmal um die lotrechten Hängenetze und ihre Tragbügel in die Höhe gezogen wird, fo dafs eine durch hohe Rippen verfteifte Putzplatte entfteht. Nun wird ein zweites Netz über diefe Rippen gefpannt, in die Drahtenden der lotrechten Netze eingebunden und als Grundlage für das Einbringen des oben wagrecht abzugleichenden Betonbogens benutzt. Die lotrechten Rippen können nach Fig. 104 (S. 63) mit Löchern verfehen fein, wenn man Längsbewegung der Luft in den entftehenden Hohlräumen aufrecht erhalten will. Bei Feuersbrünften kann man das Innere der Decke auf diefe Weife kühl halten.

Fig. 250.



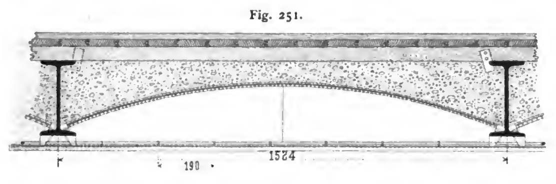
Weyhe fetzt feinem Beton aus 50 Teilen Gips und 50 Teilen Kohlenafche Rohrhülfen zu, um eine Gewichtsverminderung zu erzielen.

Eine folche Decke mit 100 cm Balkenteilung, 5 cm Betondicke im Scheitel und 9 cm im Kämpfer trug 500 kg für 1 qm, ohne wefentliche Veränderungen zu zeigen.

Beim Einbringen des Betons wird diefer die Netzmafchen durchdringen, fo dafs das Netz eingehüllt wird; mindeftens liegen die Netzdrähte aber unverfchieblich in vertieften Rillen des Betons.

Mit diefer Anordnung ftimmt die Decke von *Roebling*[196]) in allen wefentlichen Teilen des Tragwerkes überein (Fig. 251). Auch hier find erft Rundeifenbügel

Fig. 251.



zwifchen die Träger gefetzt, zwifchen die dann ein engmafchiges Drahtnetz ftraff eingefpannt wird. In diefes wird zunächft eine dünne, fchnell bindende Mörtelfchicht gebracht, welche nach Erreichung einigen Zufammenhaltes als Unterlage für das Einbringen der Betonausfüllung des Faches dient. Die in Fig. 251 angedeutete befondere Ausbildung des Deckenputzes wird bei Erörterung der Decke in engerem Sinne in Kap. 6 befprochen werden.

[195]) D. R.-P. 81656 u. 87638. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1895, S. 439. — Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 200. — HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 147

[196]) Erzeugt von *John A. Roebling's Sons & Co.* in Trenton. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 323. — Ueber eine ähnliche amerikanifche Gittereinlage fiehe: *Scientific American*, Suppl., 1897, S. 17516.

Eine hauptfächlich für fchwer belaftete gröfsere Gewölbe beftimmte, aber auch für Fachausfüllungen weit geteilter Balken verwendbare Wölbung aus Beton mit Eifeneinlage ift diejenige von *Melan* [197]). Hier wird dem Eifen nicht blofs die Aufgabe der Aufnahme der Zugfpannungen zuerteilt; vielmehr werden Beton und ftarke Eifenträger felbftändig tragend nebeneinander geftellt. Das Eifen kommt alfo in Geftalt ftarker Träger zur Verwendung, die nicht felten mit ihrer Höhe faft die ganze Dicke der Wölbung einnehmen, fo dafs oben und unten nur eben die Einhüllung ficher geftellt ift, hier mehr als Schutzmittel gegen Witterung und Feuer für das Eifen, als zur Erzielung völliger Verbindung der beiden Teile des Verbundkörpers. Die Träger find auch wohl aus Winkeleifengurtungen mit vergitterter Wand gebildet; das Durchbinden des Betons durch die Wandmafchen verbeffert dann die Gemeinfamkeit der Wirkung noch wefentlich. Sonft ift auf chemifches Anbinden des Zements an gröfsere Träger nicht zu rechnen.

Fig. 252.

Ein Beifpiel einer folchen $21{,}65$ m weiten Ausführung, welche Menfchengedränge zu tragen hat, zeigt Fig. 252. Das Pfeilverhältnis ift $1 : 7{,}7$, die Wölbung im Scheitel 25 cm, im Kämpfer 36 cm ftark. Eifenbahnfchienen von 28 kg Gewicht für 1 lauf. Meter liegen in 75 cm Teilung. Der Fufsboden ruht auf kleinen, 5 cm ftarken Bogen, die durch Längswände in $2{,}24$ m Teilung gegen den Tragbogen abgeftützt find und mit diefen ein gemeinfames Gerippe aus 5 mm ftarken Drähten von 10 cm Teilung haben; unten find diefe Drahteinlagen an die Schienen angebunden. Der Beton befteht im Bogen, in den Stützwänden und Kappen aus 1 Teil Zement auf 3 Teile Kies, in der Abgleichung aus 1 Teil Zement auf 4 Teile Sand und 7 Teile Kies.

4) Wölbung aus Kappenkörpern, welche fertig in den Bau gebracht werden.

Die hierher gehörigen Ausführungen find nicht zahlreich, weil wenigftens für gröfsere Fachweiten die Stücke zu fchwer und unhandlich werden; fie haben aber den Vorteil, dafs man für die Herftellung der Decken in keinem Falle der Einrüftung bedarf.

α) Ohne Eifeneinlagen.

123
Stegzementdielen von *Stolte*.

Ein Beifpiel diefer Art bilden die bogenförmigen Stegzementdielen von *Stolte* [198]), welche mit zwei im Scheitel gelenkartig gegeneinander gelehnten Hälften je eine Fachwölbung ergeben (Fig. 253). Werden die Dielen mit den Enden einfach auf die Balkenflanfche gefetzt, fo

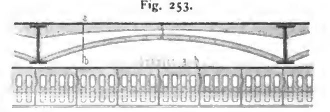


Fig. 253. Fig. 254.

[197]) Weit verbreitete Bauweife. — Siehe darüber: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45. — Bezüglich der Tragfähigkeit wird auf den Bericht des Gewölbe-Ausfchuffes des Oefterreichifchen Ingenieur- und Architektenvereines (fiehe die Zeitfchrift diefes Vereines 1895, Nr. 20 bis 34 — Sonderdruck im Verlage des Vereines) verwiefen, deffen gründliches Lefen nicht dringend genug empfohlen werden kann.

[198]) Erzeugt von: Zementbau-Aktiengefellfchaft in Hannover; Deutfche Zementbau-Gefellfchaft in Berlin. — D. R.-P. 71 351, 87 014 u. 91 654. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50 — Schweiz. Bauz., Bd. XXX, (1897), S. 144. — Zeitfchr. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006 — Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 455. — Deutfche Bauz. 1894, S. 62.

erhalten letztere keinen Feuerfchutz. Man kann den Unterflanfch aber auch in die Stege der Dielen einkerben, fo dafs der untere Schlufs der Dielenöffnungen unter den Flanfch zu liegen kommt. Verputzt man dann die unteren Fugen, fo entfteht ein Schutz durch Luftraum und Mörtelfchicht. Fig. 254 zeigt eine forgfältigere Kämpferanlage aus einem in den Träger geputzten Betonkörper, der auch unter dem Träger gefchloffen diefen fchützt.

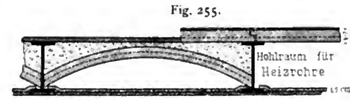
Die Tragwirkung diefer Ausfüllung ift eine gute, da der Querfchnitt der Stegdielen quer von Träger zu Träger durchläuft, was fchon bezüglich der neueren Wölbungen aus amerikanifchen Thonkaften in Art 91 (S. 100) u. 96 bis 98 (S. 103 bis 105) als Vorteil bezeichnet wurde.

β) Mit Eifeneinlagen.

Auch die hierher gehörenden Ausführungen find nicht zahlreich vorhanden. Anzuführen find die in Fig. 255 dargeftellten Bogenplatten nach dem Patente *Monier*: gekrümmt geformte Mörtel- oder Betonkörper, am beften mit zwei Eifeneinlagen ausgeftattet, da fie bei wechfelnder Belaftung auch wechfelnde Biegungsmomente auszuhalten haben. Sie werden auf die unteren Trägerflanfche gefetzt oder, falls die Kämpfer höher liegen follen, auf in die Träger geputzte Betonleiften, wie in Fig. 254. Die Hinterfüllung, in die etwaige Fufsbodenlager zu lagern find und welche die Balken fchützt, wird aus magerem Schlackenbeton gebildet. Die nachfolgende Zufammenftellung giebt eine Ueberficht über die Leiftungen folcher *Monier*-Bogen verfchiedener Zufammenfetzung bei Belaftungsverfuchen.

124.
Monier's Bogenplatten.

Fig. 255.



Nr.	Der Platten: Länge	Spannweite	Dicke	Pfeil	Drahteinlage: Art	Drähte in Richtung der Spannweite	Drähte in Richtung der Länge	Belaftung: Art	Gröfse	Erfolg
1	60	150	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	2 von 10 mm 1 » 8 » 2 » 6 » 4 » 5 »	5 mm dick in 6 cm Abftand	voll	1813	4,5 mm Durchbiegung ohne Bruch.
2	60	100	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 8 mm 2 » 7 » 2 » 6 » 2 » 5 »	5 mm dick in 6 cm Abftand	voll	3000	6,5 mm Durchbiegung; Entftehen von fichtbaren Haarriffen.
3	60	450	5	40	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 14 mm 6 » 8 »	6 mm dick in 7 cm Abftand	einfeitig bis Scheitel	2550	12 mm Hebung der unbelafteten, 13 mm Senkung der belafteten Seite, ohne Bruch.
								»	2608	Bruch im Mörtel.
	Centim.							Kilogr. auf 1 qm		

Nr.	Der Platten: Länge	Der Platten: Spannweite	Der Platten: Dicke	Der Platten: Pfeil	Drahteinlage: Art	Drähte in Richtung der Spannweite	Drähte in Richtung der Länge	Belaftung: Art	Belaftung: Gröfse	Erfolg
4	60	450	5	40	2 Drahtgeflechte in den Dritteln	5 mm dick in 6 cm Abftand	5 mm dick in 6 cm Abftand	einfeitig bis Scheitel	2455	15 mm Hebung der unbelafteten, 13 mm Senkung der belafteten Seite, ohne Bruch.
								•	2970	Bruch im Mörtel.
5	60	450	1 Zement 1 Sand 5	40	ohne Einlage	—	—	einfeitig bis Scheitel	1060	8 mm Hebung der unbelafteten, 11 mm Senkung der belafteten Seite, Bruch.
	Centim.							Kilogr. auf 1 qm		

b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten.

125. Eigenfchaften. Plattenartige Fachausfüllungen, welche auf die Balken nur lotrechte, keine wagrechten Kräfte übertragen, werden jetzt in beträchtlich gröfserer Zahl verwendet als Auswölbungen, obwohl fich die erften Verfuche des Erfatzes der alten Wellerungen und Stakungen überwiegend auf letztere bezogen haben. Die Urfachen diefes Ueberganges zur Plattenform liegen hauptfächlich darin, dafs die Balken wegen Wegfalles der befonders ungünftigen wagrechten Kräfte fchwächer gehalten werden können, dafs die Ausführung der Platten einfachere Rüftungen geftattet und an fich einfacher ift als die der Wölbung, und dafs die Platte die wegen Ausbildung der Decke im engeren Sinne meift verlangte wagrechte Unterfläche von felbft ergiebt, während letztere bei Auswölbungen erft durch befondere Teile hergeftellt werden mufs, wie in Kap. 6 befchrieben werden wird.

Die gröfsere Tragfähigkeit wird allerdings, namentlich bei grofsen Fachweiten, mit der das Mauerwerk oder den Beton feiner Natur beffer entfprechend belaftenden Wölbung erzielt, fo kann man den Unterfchied der Verwendung beider Fachausfüllungen etwa dahin feftftellen, dafs die Wölbung mehr in fchwer belafteten Decken ohne künftlerifche Ausftattung, alfo in Nutzbauten, die Platte dagegen in leichter belafteten, unten mit Malerei oder Stuck ausgefchmückten Decken, alfo namentlich in Wohnhäufern, verwendet wird. Hieraus ergiebt fich fchon, dafs letztere der Zahl der Verwendungen nach überwiegen mufs.

1) Plattenartige Fachausfüllungen aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton.

α) Ohne Eifeneinlagen.

126. Betonplatten. Bei den Ausfüllungen gerader Betondecken ruht ein im Querfchnitte rechteckiger Betonkörper auf dem unteren Balkenflanfche, wie in Fig. 256 bis 259, und zwar von vergleichsweife grofser Dichte, überträgt daher keinerlei Schub auf die Träger, mufs aber bei plattenartiger Wirkung bezüglich der Laftübertragung gröfsere Stärke er-

halten, weil der Widerstand der Betonplatten gegen vorwiegende Biegung weniger zuverläffig ift als gegen vorwiegenden Druck (vergl. Art. 104, S. 110). Hierdurch werden die Decken beträchtlich fchwerer und der Vorteil der geringeren Beanfpruchung der Träger geht zum Teile wieder verloren. Füllt man die Trägerhöhe mit einer Betonplatte aus, fo wird die Decke bei der guten Schallübertragung

Fig. 256.

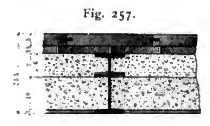


Fig. 257.

durch eine dichte Platte und beim Fehlen der Hohlräume meift nicht fo fchalldicht werden, wie die fchwächere, in den Zwickeln mit fchlechten Schallleitern überdeckte Betonkappe.

Ein Beifpiel einer ftarken ebenen Decke, welche der gewölbten Anordnung in Fig. 196 u. 197 (S. 106) entfpricht, zeigt Fig. 256[199]). 127. Gewöhnliche Anordnungen.

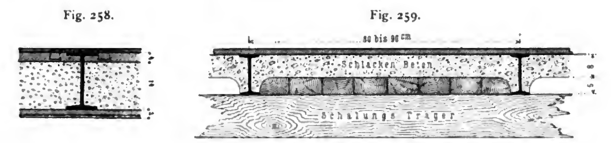
Die Träger find hier auch unten vom Beton umhüllt, daher vor dem Feuer gefichert und bei der Deckenausbildung nicht hinderlich. Die eigentliche Betonplatte trägt noch eine etwa 11 cm ftarke Lage von Schlackenbeton, welche die Schalldichtigkeit erhöht und die Lagerhölzer aufnimmt. Die Unterfläche konnte hier auf dem Beton geputzt werden.

Fig. 257 u. 258 zeigen Decken, wie fie von *Heufsner*[200]) in Wohnhäufern in Hannover ausgeführt find.

Die ftärkeren Decken der unteren Gefchoffe wurden nach Fig. 257 ausgeführt. Auf der eigentlichen Betonplatte wurden die Lagerhölzer mittels untergelegter Keile genau ausgerichtet und dann mit Schlackenbeton ausgeftampft. Die Trägerunterflanfche find bündig eingeputzt.

Fig. 258.

Fig. 259.



Für die Decken, welche nur Schlafräume tragen, ift die Betonplatte erheblich fchwächer, die Schlackenbetonlage ftärker, die ganze Decke alfo leichter gemacht. Um die Decke unten von den Bewegungen der Träger unabhängig zu machen, find neben den Kanten des Unterflanfches fchwalbenfchwanzförmige Klötzchen eingefetzt, auf die ein Streifen Dachpappe genagelt wurde und welche zugleich zur Befeftigung einer Berohrung unter der Pappe dienten.

Die ebenen Schlackenbetonplatten aus den Werkftättengebäuden des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M.[201]), ausgeführt von *Odorico* in Frankfurt a. M., find im Zuftande der Entftehung durch Fig. 259 dargeftellt.

Der Beton befteht aus 7 Teilen Gasfchlacke von Sandkorn- bis 4 cm Gröfse und 1 Teil Zement. Das Mengen erfolgte trocken; die Maffe wurde dann nafs durchgearbeitet und auf der in Fig. 259 gezeichneten Holzfchalung nur 8 cm ftark zwifchen die Träger geftampft. Die Ausrüftung erfolgte nach 3 bis 4 Tagen, und bei der gleich vorgenommenen Belaftungsprobe ergaben 2100 kg auf 1 qm noch keine Form-

199) Siehe: Deutfche Bauz. 1886, S. 3.

200) Siehe: Deutfche Bauz. 1887, S. 608. — Wochbl. f. Baukde. 1887, S. 449.

201) Siehe: Deutfche Bauz. 1889, S. 572.

änderung. Auf den Platten liegen in Wohnräumen Lagerbohlen mit Bretterfufsboden, fonft Zementeftrich oder Terrazzo.

128.
Befondere
Anordnungen

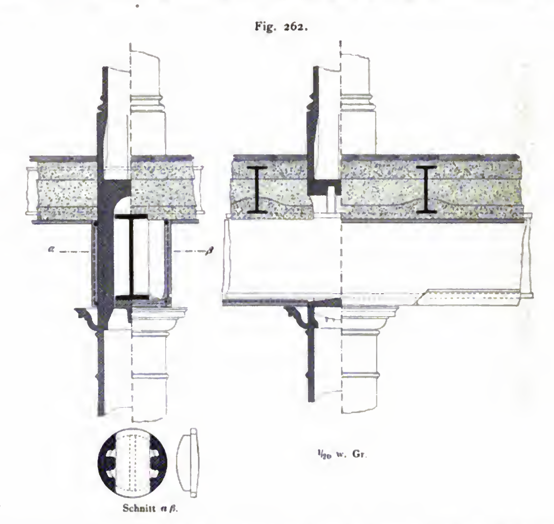
Um zu verhüten, dafs fich die Kanten der Trägerobergurtungen in einem nicht mit Holz bedeckten Fufsboden durch Riffe bemerkbar machen, hat man die Betonplatte, wie in Fig. 260 u. 261, oben über die Träger gelegt. Trotz der unten ge-

Fig. 260. Fig. 261.



krümmten Geftalt wirkt der Beton in Fig. 260 nach Art einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, da wefentliche Schübe auf die Träger nicht übertragen werden können. Um jedoch etwa entftehende Schübe nicht auf die Wand zu bringen, ift

Fig. 262.



Schnitt αβ.

die in Art. 85 (S. 95) erklärte Verankerung des vorletzten mit dem Wandträger vorgenommen.

Bei der in Fig. 261 dargeftellten Konftruktion von *Heufsner* find die Träger zur Ausbildung einer Decke mit vertieften Balkenfeldern und Holzverfchalung benutzt. Die beiden Decken in Fig. 260 u. 261 klingen unter dem oben ftatt-

findenden Verkehre. Fig. 261 ift unter Schlafräumen angebracht und daher mit Linoleum abgedeckt, wodurch der Schall gedämpft wird. Die Anordnung in Fig. 260 eignet fich befonders für die Herftellung im Freien liegender Decken, z. B. Balkondecken, da die Träger felbft nach dem Entftehen kleiner Riffe gut gegen Näffe gefchützt find. Sind die Träger oben bündig mit dem Beton, fo find Abtrennungen des Betons von den Trägern unvermeidlich, in welche das Waffer eindringt; alsdann entfteht die Gefahr, dafs die Träger roften.

In Fig. 262 ift eine Deckenkonftruktion mit Betonplatte dargeftellt, die allen Anforderungen genügen dürfte. Die unteren Trägerflanfche tragen eine dünne Betonplatte, deren Dicke genau der verlangten Tragfähigkeit entfpricht und welche die unteren Trägerteile ganz gegen Feuer fichert. Der Deckenputz ift unmittelbar unter den Beton gebracht. Um den Schall zu dämpfen, ift auf den Beton eine Lage möglichft unelaftifcher Füllung gebracht, welche nach oben von einer dünnen Lage Schlackenbeton bedeckt ift. Letztere dient zur Aufnahme der Nägel und der Jutelage für einen nach Patent *Ludolff* anzubringenden Parkett- oder Stabfufsboden und zugleich zur ficheren Einhüllung der Eifenbalken von oben, um diefe auch hier gegen Feuer zu fichern und zu verhindern, dafs ein Ablöfen der Trägerkanten die Fufsbodenkonftruktion verletzt. Die zwifchen zwei Betonlagen vollkommen eingefchloffene Füllung kann in diefer Anordnung felbft bei mangelhafter Befchaffenheit keine Uebelftände hervorrufen.

Der Unterzug diefer Decke hat zugleich einen etwas vergröfserten Körper und ziemlich wirkfamen Feuerfchutz durch Einhüllen in einen Kaften aus *Rabitz*- oder *Monier*-Putz erhalten. Zu diefem Zwecke find ftarke Tragdrähte unter den Balken der Decke befeftigt, an denen zwei weitere in den unteren Kaftenecken durch lotrechte Drahtnetze aufgehängt find; auch zwifchen diefe ift ein Drahtnetz eingefpannt, fo dafs nun ein vollftändiger Kaften, in den unteren Ecken mit Rundftab verziert, eingeputzt werden kann. Die unteren Eckdrähte find mittels Flacheifenklammern auch gegen die untere Gurtung des Unterzuges abgefteift. Die Breite des Kaftens ift fo bemeffen, dafs fie das runde Zwifchenfatzftück der Stütze zwifchen den Wandungen aufnehmen kann, das fomit ganz verfchwindet. Die Luftfchichten zwifchen den Kaftenwänden und dem Unterzuge fichern letzteren auch gegen bedeutende Hitzegrade. Die Anordnung verftöfst nur gegen die von *Stolz* (vergl. Art. 72, S. 78) aufgeftellte Regel, dafs unter den Decken keine vorfpringenden Teile liegen follen. Da aber felbft bedeutende Hitzegrade hier erft nach fehr langer Dauer eine fchädliche Wirkung auf die Träger ausüben können, fo ift darin kein Mangel zu erkennen.

Trotz ihrer grofsen Dichtigkeit und Stärke nimmt diefe Zwifchendecke doch nur eine geringe Höhe ein.

β) Mit Eifeneinlagen.

Die Zahl der Ausführungen diefer Art ift eine aufserordentlich grofse, trotzdem allen ein und derfelbe Gedanke zu Grunde liegt. Die grofse Zahl verfchiedener Anordnungen ergiebt fich aus der grofsen Zahl verfchiedener Geftaltungen der Einlagen. Da diefe Gefichtspunkte in Art. 113 bis 121 (S. 118 bis 127) eingehend erörtert find, genügt es hier, eine gröfsere Zahl von Beifpielen für derartige Ausführungen zu befchreiben.

Fig. 263 u. 264 zeigen im Bau eingeftampfte Mörtel- und Betondecken mit Eifennetzeinlage nach *Stolz*[202]). In Fig. 263 find die Balken oben gegen den Unterzugträger gefetzt, fo dafs diefer nach unten vortritt und mittels eines rechteckigen Kaftens von *Rabitz*- oder *Monier*-Maffe mit Afchenfüllung eingehüllt werden mufste. Diefer Vorfprung entfpricht wegen der Bildung von hohlen Ecken den in 129. Decken von *Stolz*

[202]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

Art. 72 (S. 78) entwickelten Grundfätzen nicht ganz; doch wird die Feuerficherheit nicht wefentlich beeinträchtigt, weil felbft fehr hohe Hitzegrade die Träger nicht in gefährlichem Mafse erwärmen können. Die Decke wird bei diefer Anordnung übrigens vergleichsweife dünn. Will man trotz des Vorragens des Unterzuges eine ebene Unterfläche haben, fo mufs man den die Afche tragenden Putz entfprechend tief hängen (Fig 264), alfo die ganze Decke dicker machen.

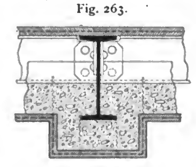


Fig. 263.

Fig. 264.

Estrich
Lehmschlag
Monierplatte
Balken
Asche
Rabitz-Putz

Um die Träger auch von oben zu decken, ift zunächft eine Lage von *Monier*-Tafeln aufgelegt, welche in Fig. 263, 5 cm dick, Träger und Unterzug deckend, zugleich den Fufsboden bildet und fo nur mäfsigen Schutz gewährt.

Um ebene Lagerung zu ermöglichen, mufste den Balken im Anfchluffe der obere Flanfch genommen werden. In Fig. 264 liegt die Balkenoberkante fo weit unter der Oberkante des Unterzuges, dafs diefe etwa bündig mit den *Monier*-Platten bleibt; über das Ganze ift dann ein dünner Lehmfchlag gebreitet, der einen Eftrich aufnimmt. Diefe Anordnung giebt einen wirkfameren Feuerfchutz nach oben als die in Fig. 263 dargeftellte.

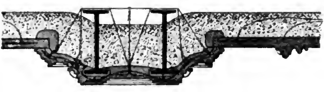


Fig. 265.

130. Gipsdecken von *Odorico*.

Die Konftruktion einer Gipsdecke mit Drahteinlagen von *Odorico* aus dem Gerichtshaufe zu Frankfurt a. M.[203]) zeigt Fig. 265.

Zunächft wurde die Deckenbekleidung mit drei Hanfgewebeeinlagen gegoffen und fertig unter die Träger gebracht, indem man Bindedrähte an die mit eingegoffenen verzinkten Drahtenden anknüpfte. In die Bekleidungstafeln der Felder waren bügelartig nach oben vorragende Drähte zu inniger Verbindung mit den übrigen Schichten der Decke eingegoffen.

Nach genauem Einpaffen diefer Bekleidung wurde eine weitere Gipslage mit Hanfgewebeeinlagen eingebracht, um die Bekleidungsftücke mit den Trägern ficherer als durch die Bindedrähte zu vereinigen. Weiter wurden Gipsleiften eingeftrichen, um die Fugen zwifchen der Trägerbekleidung und den Bekleidungstafeln der Fache ficher zu decken und diefe Tafeln am Verfchieben zu hindern. Diefe Körper genügten, um als Rüftung für die weiteren Arbeiten zu dienen.

Fig. 266.

Nun wurde eine dicke Lage aus Gips mit Kalkbrei und Kiefelfteinen eingefüllt und fchliefslich der Feuerficherheit wegen eine nach den Trägern bogenartig heruntergezogene Kiesbetonfchicht aufgeftampft. Das Einbringen der Schichten erfolgte fo, dafs fie fämtlich unmittelbare Verbindungen mit den Nachbarn eingehen konnten.

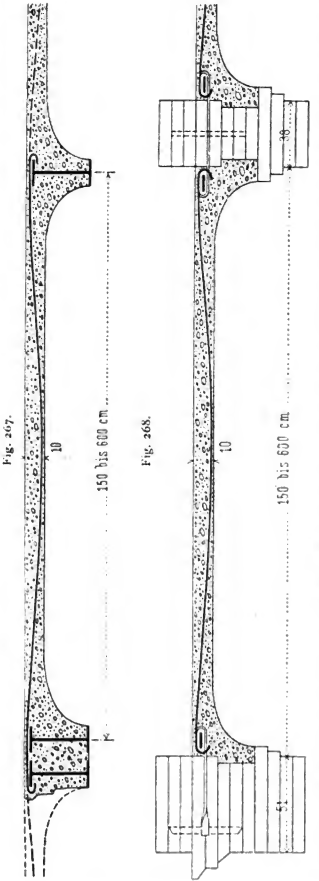
Die Tragfähigkeit diefer Decke ift nicht geringer als die einer guten Betonkappe, und Erfchütterungen find nicht im ftande, die reiche Gipsdecke zu verletzen. Schwere fallende Gewichte fchlugen nur kleine Löcher, ohne die Umgebung zu verletzen. Die Koften der Decke betrugen für die Gipsteile je nach dem Reichtum der Ausfchmückung 12 bis 15 Mark, für den Beton 5,25 Mark für 1 qm.

131. Voutenplatte und Plandecke von *Koenen*.

Die »Voutenplatte« von *Koenen* (Fig. 267 u. 268[204]) bietet eine bis 6 m Weite hergeftellte, tragende Fachausfüllung zwifchen in grofsen Abftänden verlegten Trägern. Die an fich ihrer hohen Tragfähigkeit wegen fchwache Platte wird oben bündig mit

[203]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 275.

[204]) Siehe: Deutfche Bauz. 1898, S. 339, S. 380. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S 579. — Erzeugt von: Aktiengefellfchaft für Beton- und Monier-Bau in Berlin W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet.



den Balken gelegt; die die Zugfeite verftärkenden Drähte liegen auch über den Trägern, um fie zwecks fichererer Aufnahme der Zugwirkung um die Trägerflanfche klammern zu können. Jeder Draht ift zwifchen den Balken fo weit krumm gebogen, dafs er in der Mitte, der Stelle des gröfsten Biegungsmoments, der Zugfeite möglichft nahe rückt und nur eben genügend Beton unter fich behält, um das Haften des Drahtes im Beton zu fichern und zu ftarke Erhitzung durch Feuer zu verhüten. Die Platte ift mittels Hohlkehlen nach den Trägerflanfchen heruntergezogen, fo dafs fichere Stützung ohne befondere Teile und zugleich Schutz der Träger gegen Feuer und Roft erzielt wird. Der vollftändigen Umhüllung der Träger, fowie dem Einlegen von Doppelträgern fteht nichts im Wege. Der Deckenputz haftet unter dem auf Schalung eingeftampften Beton hinreichend. Da, abgefehen von den Drahtenden und dem eigentlichen Fufsboden, keine Teile die Decke kreuzen, fo erhält fie im ganzen eine möglichft geringe Höhe, zumal das Herabziehen der Hohlkehlen an den Balken auch als Verftärkung diefer wirkt und vergleichsweife niedrige Ausbildung der Träger geftattet.

Um die Krümmung der Drähte genau einftellen, überhaupt die nicht immer genau paffenden Haken der Drähte ficher gegen die Träger feftlegen zu können und um das Geradeziehen der Haken unter ftarker Laft zu verhindern, find die in Fig. 266 dargeftellten Keilklammern[205]) der Mafchinenbau-Aktiengefellfchaft zu Nürnberg verwendbar, welche in erfter Linie für Flacheifenhaken beftimmt, auch für Drähte einzurichten find.

Diefe Hohlkehlenplatte bedarf übrigens nicht unbedingt der Träger für ihre Auflagerung; fie kann im letzten Felde einer gröfseren Trägerlage oder, wenn in einem fchmalen Raume zwifchen zwei

205) D. R.-G.-M. 94118.

Wänden überhaupt keine Träger liegen, ebenſogut nach Fig. 268 auch unmittelbar an den Wänden gelagert und bezüglich der Drahtenden befeſtigt werden, indem man ein vor der Wand wagrecht angebrachtes Flacheiſen zum Umbiegen der Drahtenden benutzt und es andererſeits mittels Ankerhaken in der Wand feſt macht. Dieſe Hohlkehlen-Plattendecke gehört zu den einfachſten und billigſten vorhandenen Betondecken.

Weiter vervollkommnet iſt dieſe Konſtruktion von *Koenen*[206]) in ſeiner »Plandecke«, bei der die gekrümmten Zugeiſen in nach unten vorſpringende Einzelrippen gelegt ſind, wie bei *Möller* (vergl. Art. 143 und Fig. 284, S. 143), um den Hebel der Einlagen bezüglich des gedrückten Oberteiles der Platte zu vergröſsern.

132. Platten mit Wellblechſchiene von *Stapf*.

Eine im weſentlichen hiermit übereinſtimmende Betonplatte mit Eiſeneinlage zeigt Fig. 269 nach *Stapf*[207]). Die Einlage beſteht hier aus hochkantig geſtellten, an den Enden zum Aufhaken auf die Trägerflanſche verdrehten Bandeiſen mit Einbeulungen, ſog. »Wellblechſchienen«[208]). Bei dieſer Konſtruktion wird Eingreifen der Einlage in den Mörtel erzielt, das Eiſen aber weiter von der Zugſeite entfernt.

Fig. 269.

133. Rippenplatten.

Eine vergleichsweiſe alte nordamerikaniſche Betonplatte mit Eiſeneinlage, welche vielfach vorbildlich für andere Ausbildungen gewirkt hat, zeigt Fig. 270 (vergl. auch Fig. 228 und 229, S. 123). Da der untere gezogene Teil der Platte nach den Auseinanderſetzungen in Art. 104 (S. 110) für hohe Zugſpannungen doch nicht nutzbar zu machen iſt, ſo iſt ſie ausgeſpart und nur mit ſolcher Breite um die Einlagen aus gedrehten Quadrateiſen (ſiehe Fig. 213, S. 120) ſtehen geblieben, daſs ihre genügende Verbindung mit dem oberen Druckteile der Platte geſichert wird. Letztere hat die nach unten bogenförmigen Begrenzungen zwiſchen den Einlageſtegen einerſeits des Bildes von gewölbten Fachausfüllungen halber, andererſeits nach der Ueberlegung erhalten, daſs die Druckſpannungen der Druckplatte nicht gleichmäſsig über ihre Breite verteilt, ſondern überwiegend in der Nähe der vereinzelten Zuggurtungen auftreten werden, und dieſer Häufung der Druckſpannungen hat man auch einen verſtärkten Druckquerſchnitt entgegengeſetzt.

Fig. 270.

Mit einer Wölbwirkung hat die Anordnung trotz der gekrümmten Geſtalt der Fachböden nichts zu thun; ſie iſt eine lediglich durch ihren Biegungswiderſtand wirkende Platte, für welche der obere durchlaufende Betonkörper die Druckgurtung bildet, während die Rippen mit den Quadrateiſeneinlagen als Wand- und Zuggurtung des Tragwerkes wirken. Die Ausſparungen verringern das Gewicht der Decke.

Fig. 271.

250

134. Rippendecken von *Koenen*.

Eine der neueren Anordnungen, die dieſen Gedanken benutzen, iſt die *Koenen*'ſche »Rippendecke« (Fig. 271[209]), welche ſtatt dünner Eiſeneinlagen kräftigere I-Eiſen als Zugglieder in den unteren, rippenartig vorſpringenden Teilen der Betondecke verwendet. Die Wirkungsweiſe iſt im weſent-

206) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1901, S. 108.

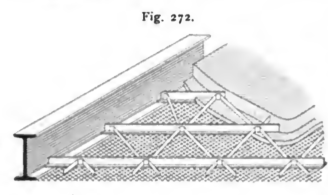
207) Siehe ebendaſ., 1898, S. 636. — D. R.-G.-M. 98737. — Vergl. auch Fig. 228 u. 229, S. 123.

208) Siehe: *Nouv. annales de la conſtr.* 1887, S. 29.

209) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50.

lichen diefelbe, wie diejenige der zuletzt befchriebenen; nur nehmen die hohen I-Einlagen nicht blofs Zugfpannungen auf; fie beteiligen fich vielmehr in erheblichem Mafse an der Aufnahme der Biegungsmomente. So wird eine Decke von hoher Tragfähigkeit für grofse Laften erzielt. Völlige Ummantelung der I-Eifen gegen Roft und Feuer ift leicht herzuftellen. Sind die I-Eifen ftark genug gewählt, um das Eigengewicht der Decke und die Arbeitsvorrichtungen zu tragen, fo braucht die Decke nicht eingerüftet zu werden, fondern ift mittels kleiner Hängerüftungen auf Rutfchdielen herzuftellen, wie in Art. 84 (S. 91) befprochen ift.

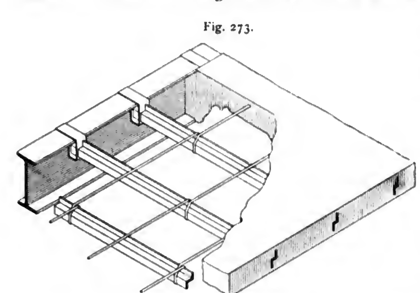
Fig. 272.



135. Betondecken von *Donath*.

Die Betondecke von *Donath* (Fig. 272 [210]) ift in der Zufammenfetzung verwickelter. Zwifchen die weitgeteilten Balken werden auf ihre Unterflanfche zunächft Querträger aus kleinen I- oder ⊥-Eifen in etwa 30 cm Teilung eingelegt, welche zwifchen fich ein Netzwerk aus hochkantig ftehenden, hin und her gebogenen und in den Knickftellen an die Querträger genieteten Bandeifen aufnehmen. Unter diefe zahlreichen Tragkörper wird fchliefslich ein engmafchiges Drahtnetz gehängt und gefpannt. Nun wird zunächft eine dünne Schicht Putzmörtel in das Netz eingebracht und darauf eine ftärkere Betonfchicht, welche das Flacheifennetzwerk und die Querträger ganz einhüllt. Einrüftung ift für diefe Herftellung nicht nötig; man kann den Putz unter dem Netzwerke ohne weiteres abreiben.

Fig. 273.



Eine folche Decke wiegt bei 1,50 m Balkenteilung und 8 cm Putz- und Betondicke 144 kg für 1 qm. Eine in Berlin [211]) mit 157 cm Balkenteilung, 22 cm hohen I-Trägern und 10 cm Beton erbaute derartige Decke wurde mit 4070 kg für 1 qm belaftet, ohne wefentliche Veränderungen zu zeigen.

136. Betondecken von *Mueller*.

Die Betondecke von *Mueller* (Fig. 273) wird auf voller Schalung eingeftampft; fie hat nur das Befondere, dafs als Zugglieder im Beton kleine **L**- oder ┌┘-Eifen verwendet werden. Günftiger als letztere würden kleine ⊔-Eifen fein, da man ihren Schwerpunkt der Unterfläche der Platte näher rücken kann; doch ftöfst dann die fichere Einbettung von unten auf Schwierigkeiten. Mit diefer Decke ftimmt die Betondecke von *Donath* [212]) mit Einlagen aus **S**-förmig gebogenem Bleche bis auf die Geftalt diefer Einlagen völlig überein.

137. Spiraleifendecken.

Eine Einlage eigentümlicher Geftaltung zeigt die »Spiraleifen-Betondecke«

[210]) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 49. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Deutfche Bauz. 1895, S. 591.

[211]) Gefchäftshaus: Oberwafferftrafse 12.

[212]) Erzeugt von *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 69.

von *Thomas & Steinhoff* in Mülheim a. R.[213]), die behufs Erzielung kräftigen Haftens des Eifens im Mörtel um die Längsachfe ftark verwundene Bandeifen einftampfen. Aehnliche Verwendungen wurden auch von *Düfing*[214]) angegeben.

Die Flacheifen haben 35 mm Höhe, 1,6 mm Dicke und werden in 33 cm Teilung auf die Balken gelegt, dann in 8 bis 10 cm Beton eingeftampft, fo dafs etwa 2 cm Beton unter dem tiefften Punkte der Bandeifen bleiben. Die Lage zu den Balken ift unten (Fig. 274) wie oben (Fig. 275) möglich, indem man im letzteren Falle Beton und Bandeifen an den Balken herabzieht. In erfterem Falle ift befondere Unterftützung oder Auffüllung für den Fufsboden nötig, im letzteren befonderes Anbringen des etwaigen Deckenputzes, der aber bei diefen fo wie fo nach unten in Mörtel abgefchloffenen Decken meift fehlt.

Fig. 274.

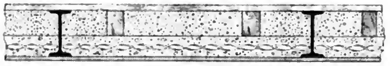


Fig. 275.

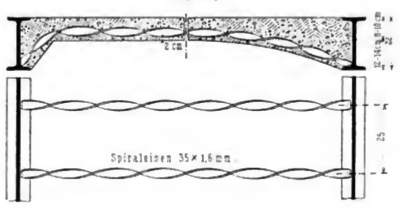
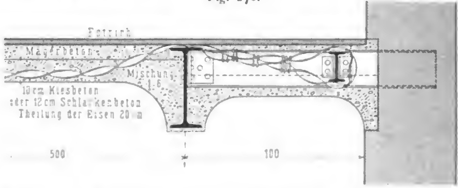


Fig. 276 zeigt eine 5,00 m weit gefpannte Kaffettendecke diefer Art mit Verankerung der in 20 cm Teilung verlegten Eifen in den 1,00 m weiten Seitenfachen. Bei Verwendung von 10 cm Kiesbeton der Mifchung 1 : 6, welcher nach Bedarf mit Magerbeton überfüllt werden kann, wird die zuläffige Verkehrslaft der Decke mit 750 kg für 1 qm angegeben.



Fig. 276.



138. Decken von *Hennebique* und von *Deumling*.

Ein Beifpiel der Ausführung einer plattenförmigen **Betoneifendecke** nach *Hennebique*[215]) bietet die Decke des Untergefchoffes im neuen *Palais des Champs-Elyfées* in Paris, welches aus Anlafs der Ausftellung im Jahre 1900 für die Kunftausftellung errichtet ift.

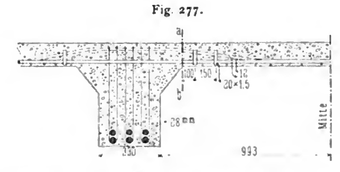
[213]) D. R.-G.-M. 74313.

[214]) Siehe: Deutfche Bauz. 1897, S. 48.

[215]) Siehe: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 209. — *Le genie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — *Nouv. annales de la conftr.* 1899, S. 1. — Schweiz. Bauz., Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXV (1895), S. 31. — Baugwks.-Zeitg. 1896, S. 91. — Regeln für die Ausführung von *Hennebique*-Decken fiehe: Zeitfchr. f. Berg-, Hütten- u. Mafchinenind., Bd. XIX (1900), S. 18. — Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117

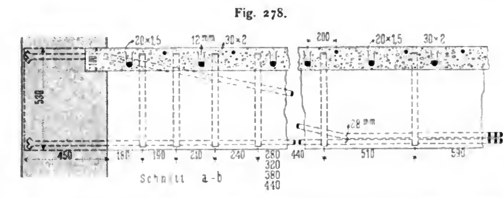
Die Decke (Fig. 277 u. 278) befteht aus 6,09 m freiliegenden Balken, deren Zwifchenräume mit 1,986 m weit freiliegenden Platten gedeckt find, wobei die Platten wieder die Druckgurtung, die Balken die Zugglieder bilden. Diefe Decke ift für 100 kg auf 1 qm Laft des Fufsbodens und 1000 kg für 1 qm Verkehrslaft beftimmt. Die Probebelaftung wurde bis über 2400 kg für 1 qm getrieben, wobei die Durchbiegung 0,9 mm betrug. Fig. 279 zeigt eine Anordnung mit Stütze, Unterzug und Balken nach *Hennebique*, nach Angaben von *Martenftein & Joffeaux* in Karlsruhe.

Fig. 277.



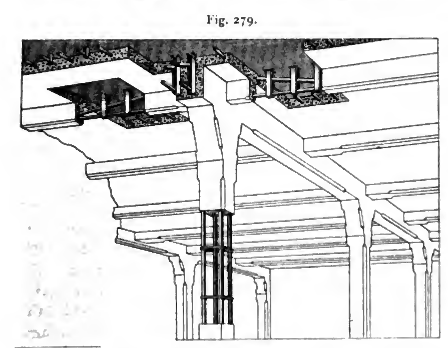
Neben den Ausführungen von *Hennebique* find in Frankreich diejenigen von *Coignet*, von *Cottancin* und von *Bonna*[216]) verbreitet, welche fich von erfterer namentlich durch Einlegen von Metall auch in die Druckfeite, dann durch

Fig. 278.



die Mittel zur Verbefferung des Haftens der Eifen im Beton unterfcheiden. Alle bilden ftarke Tragbalken mit fchwächeren Zwifchenplatten. Bis auf *Bonna*, der kleine Walzformen einlegt, verwenden alle Rundeifen.

Fig. 279.



Im wefentlichen gleiche Anordnungen, wie die *Hennebique*'fche Decke, zeigt die Hängedecke von *Deumling*[217]).

139. Decken von *Helm*.

Eine einfache und wirkfame Zufammenfetzung zeigen die Betondecken von *Helm*[218]). Hier beftehen die Eifeneinlagen aus langen, geraden Bandeifen, welche hochkantig zwifchen die Balken gebracht werden, indem man fie am

[216]) Siehe: Zeitfchr. f. Berg-, Hütten- u. Mafchinenind., Bd. XVIII (1899), S. 70.
[217]) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145.
[218]) Siehe: Bauinduftrie 1898, S. 1.

Balkenftege jedesmal rechtwinkelig abbiegt, um die Bandeifenteilung von etwa 10 cm am Stege entlang führt und fie dann wieder rechtwinkelig abbiegend zum nächften Balken zurückftreckt, diefes fo lange wiederholend, bis die vorhandene Bandlänge verbraucht ift. Die Bandeifen liegen der Betonunterkante möglichft nahe.

140. Decken von *Melan*.

Eine urfprünglich für Brücken beftimmte und auch überwiegend für folche verwendete Konftruktion mit Verbindung von Eifen und Beton ift diejenige von *Melan*[219], welche fich ebenfogut auch für fchwer belaftete Decken eignet. *Melan* weift dem Eifen nicht blofs die Rolle eines Zuggliedes gegenüber den gedrückten Betonfchichten zu, fondern er ftellt, wie *Koenen* bei der Rippendecke (Fig. 243 u. 271; fiehe Art. 134, S. 138) beide mit gleichen Aufgaben ineinander, indem er ein vollftändiges eifernes Tragwerk, nicht blofs eine eiferne Zuggurtung, in den Beton einbettet. Für Decken führt dies zu der Anordnung, I-Balken in eine die Trägerquerfchnitte von allen Seiten einhüllende Betonplatte einzulagern. Diefe Decke wird namentlich

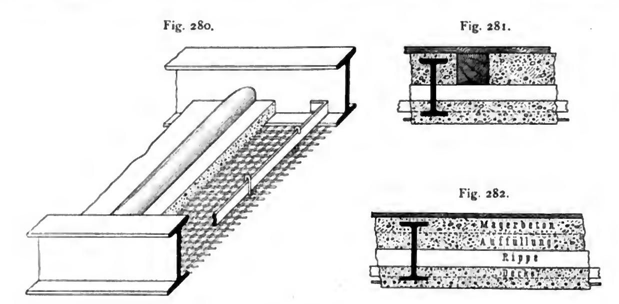


Fig. 280. Fig. 281. Fig. 282.

fehr hohen Laften gegenüber in Frage kommen; doch ift auf die Herftellung bezüglich des Anbindens des Betons an die Träger grofse Sorgfalt zu verwenden, weil der durchfchnittliche Zuftand der angelieferten Träger diefem Anbinden nicht günftig ift.

141. Rippendecken von *Möbers*.

Eine im wefentlichen mit der Decke von *Helm* übereinftimmende Konftruktion zeigt die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 280 bis 282[220]), bei der nur die Bandeifen einzeln abgelängt und mit rechtwinkelig umgebogenen Enden auf die unteren Trägerflanfche gelegt find. Ein zwifchen die Wände unter den Balken eingefpanntes Drahtnetz wird mit kleinen Drahthäkchen an die Bandeifen gehängt; dann wird etwa 2 cm unter dem Gewebe eine Hängefchalung angebracht und nun eine 5 bis 6 cm ftarke Betonfchicht, Netz, Haken und Bandeifen umhüllend, eingeftampft und über jedem Bandeifen in wulftförmiger Rippe fo hoch geführt, dafs die fichere Einhüllung und auch noch einiger Betondruckquerfchnitt über den Bandeifen erzielt wird. Als Mangel der Anordnung, wie fie von der ausführenden Firma angegeben wird, ift hervorzuheben, dafs die Bandeifen zu hoch in der Platte liegen und daher nicht voll zur Geltung kommen. Es würde aber durch geringe Veränderungen möglich fein, die Bandeifen auf das Drahtnetz herabzurücken. Fig 280 zeigt die

[219] Siehe *Engineering news*, Bd. XL, (1898) S. 45. — Vergl. auch Art. 122 (S. 130), fowie Fig. 241 u. 252.

[220] Erzeugt von: *Carl Möbers & Wilhelm Wirtz* in Düffeldorf.

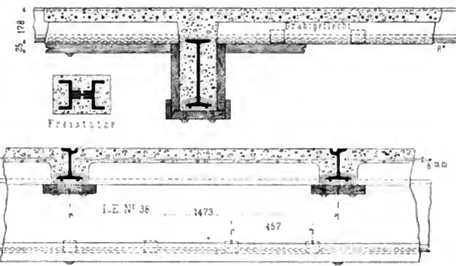
Gefamtanordnung diefer Deckenteile, Fig. 281 die Verwendung zu einer Decke mit Holzfufsboden, Holzlagern und Eifenbalken und Fig. 282 das Anbringen von Eftrich mit Linoleum auf Füllfand bei Eifenbalken.

142. *Ranfome Concrete-Floors.*

Eine fchwer belaftete Betondecke mit Einlagen aus 8 mm ftarken, gedrehten Flufseifen-Quadratftäben, welche zur Aufnahme des Putzes auch unter den Trägern angebracht find, zeigt Fig. 283. Die von der *Ranfome Concrete-Floor-*Gefellfchaft[221]) in einem neuen nordamerikanifchen Strafsenbahnhofe ausgefuhrte Decke

Fig. 283.



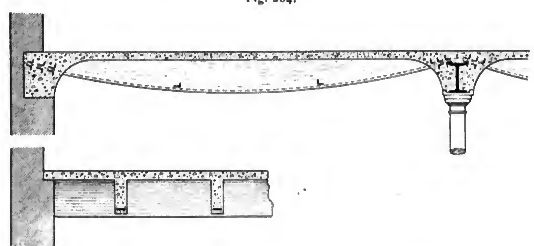


hat die Strafsenbahnwagen aufzunehmen, weshalb entfprechende Rillenfchienen eingebettet find.

Die Decke ift für 850 kg auf 1 qm Verkehrslaft beftimmt und hat 137 kg für 1 qm Gewicht. Bei Belaftungsproben trat als Beginn der Zerftörung das Loslöfen der unter den Quadrateifen liegenden Betonfchicht ein, als die Laft auf nahezu 6000 kg für 1 qm gebracht war.



Fig. 284.



143. Gurtträgerdecken von *Möller.*

Die »Gurtträgerdecke« von *Möller* (Fig. 284) fugt[222]) einer als Druckbalken wirkenden Betonplatte ein nach der Parabel- oder dem Kreisftichbogen gekrümmtes Flachband als felbftändige Zuggurtung hinzu, deffen kettenformige

[221]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

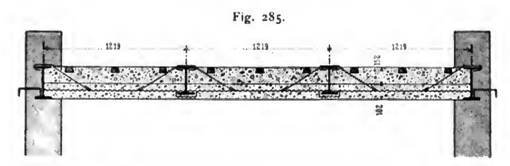
[222]) Siehe: Zeitfchr. f. Bauw 1897, S. 143. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news*, Bd. XLI (1899), S. 94.

Geftalt durch eine entfprechend geformte, mit der Druckplatte zufammenhängend ausgeführte Zementrippe unter der Platte gefichert wird. Diefe Rippe erfetzt die Trägerwand und dient als folche zugleich zum Uebertragen der lothrechten Laft von der Platte auf das Hängeband. Wenn das Flachband ganz in die Rippe eingebettet wird, fo gefchieht dies nur zur Erzielung von Schutz gegen Feuchtigkeit und Feuer. Zur Uebertragung der Zugkraft des Bandes an feinen Enden auf die Betonplatte bedient fich *Möller* nicht des zweifelhaften Haftens des Zements am Eifen, fondern er nietet kleine Abfchnitte von Winkeleifen an die Bandeifenenden in folcher Länge und Zahl, dafs der Zug des Bandes durch die abftehenden Schenkel der Winkeleifen als Druckflächen auf den Beton übertragen werden, ohne dafs der Beton zerdrückt und die Winkeleifen abgefchert oder verbogen werden könnten. Ein Beifpiel einer gröfseren Ausführung diefer Art bietet die Eindeckung der Pleifse vor dem Reichsgerichtshaufe in Leipzig.

144
Rippen-
Kaffettendecke.

Die in Fig. 401 dargeftellte amerikanifche Kaffettendecke, in deren Rippen längs und quer verwundene Quadrateifen[223]) eingelagert find, fucht gleichfalls eine hohe Tragfähigkeit dadurch zu erzielen, dafs das auf Zug wirkende Eifen weit von der eine durchlaufende Platte bildenden Betondruckgurtung entfernt wird.

Fig. 285.



145.
Decke der
Manhattan
Conftruction
Co.

Die Decke der *Manhattan Conftruction Co.*[224]) in New-York (Fig. 285) wird mit der Einlage aus eingefchnittenem und dann aufgezogenem Flufseifenbleche (*Expanded metal, Métal déployé*[225]) hergeftellt, welche in Art. 115 (S. 119) zu Fig. 207 bis 209) bereits befchrieben ift und fich dem Beton fehr innig einfügt. Dafs diefe Form der Einlage wegen der vielen Einfchnitte und wegen der beim Aufzerren eintretenden, zahlreichen Formänderungen felbft keinen hohen Grad von Tragfähigkeit befitzt, kommt wenig in Frage, da es bei derartigen Einlagen ja in der Regel nicht möglich ift, ihre Feftigkeit auch nur annähernd auszunutzen, wenn man nicht Riffe in den gezogenen Teilen des Betons zulaffen will, die wohl in den weitaus meiften Fällen vermieden werden follen.

Bei der in Fig. 285 dargeftellten Decke diefer Art, welche feitens des Stadtbauamtes von New-York der in Art. 146 (S. 146) befchriebenen Feuerprobe unterworfen wurde, ift die Einlage mit 76 mm Seite der Mafchen aus 3,4 mm dickem Bleche, Nr. 10 B. W. G., auf die Unterflanfche der Balken gelegt, deren Unterfeite durch an die Einlage gebundene Drahtnetzftreifen unterdeckt ift. In die Einlage wurde eine unter diefer 25 mm, im ganzen 89 mm ftarke Lage von Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kohlenafche eingeftampft; die Netze unter den Balken wurden 13 mm ftark eingeputzt, und dann wurde die ganze bündige Unterfläche 13 mm ftark mit Kalk geputzt. Die Auffüllung beftand aus 1 Teil Zement und 10 Teilen Kohlenafche. Die Decke erlitt durch die Hitze keinen Schaden, bog

[223]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235.

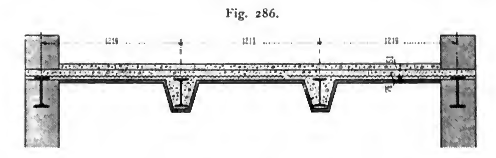
[224]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

[225]) Erzeugt von: *Central Expanded Metal Co.* und *Expanded Metal Fireproof Conftruction Co.* in New-York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXVII (1897), S. 269. — Schweiz. Bauz., Bd. XXXVI (1900), S. 93. — *Engng.* 1900 — II, S. 331. — In Deutfchland jetzt vertreten durch: *Schuchtermann & Kremer* in Dortmund.

fich unter 730 kg für 1 qm Laft bei 4267 mm Lichtweite 52 mm durch und verlor den Putz und einen Teil des Betons unter der Einlage erft durch den ftarken, 15 Minuten wirkenden Wafferftrahl. Nach Abkühlung war die Durchbiegung 25 mm. Die Decke hatte alfo der abwechfelnden Wirkung des Feuers und kalten Waffers nicht vollkommen widerftanden.

Eine zweite Form derartiger Decken zeigt Fig. 286[224]). Die Einlage ift oben über die Träger gefpannt. Die Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und

Fig. 286.

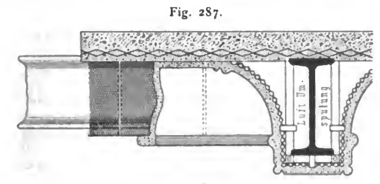


4 Teilen Kohlenfchlacke ift 76 mm dick und umhüllt die unten mit Drahtnetz unterfpannten Träger. Auf diefer Decke liegen 51 mm Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 8 Teilen Kohlenfchlacke zur Einbettung der Fufsbodenlager. Die ganze Unterfläche ift mit *King*'s Windfor-Asbeftzement abgeputzt.

Auch diefe Decke ift feitens der ftädtifchen Bauverwaltung von New-York der öfter gefchilderten Feuerprobe (fiehe Art. 146, S. 146) unterworfen unter der Laft von 730 kg für 1 qm; die Durchbiegung betrug 63 mm. Nach 15 Minuten Ueberflutung von oben und Anfpritzung von unten zeigte fich wieder, dafs Putz und Betonlage unter den Balken und der Einlage weggefchwemmt waren; da, wo der fcharfe Wafferftrahl nicht gewirkt hatte, war auch die Unterfläche ganz unverletzt. Die Einwirkung des Feuers auf diefe Decke ift eine ftärkere als diejenige auf die in Fig. 285 dargeftellte wegen der vertieft liegenden Balkenfelder.

Fig. 287 ftellt einen Unterzug mit Balken dar, die oben eine Betondecke mit aufgezogener Blecheinlage tragen, übrigens feuerficher eingehüllt find[226]). Um aufser dem Schutze der Betonhülle noch den eines grofsen Luftraumes zu fchaffen, find auf die Träger zunächft Rahmen aus Bandeifen gehängt, mit denen kleine Klammern zur Befeftigung des Blechgitters verbunden find. Mittels des letzteren bringt man das Gitter in die gewünfchte Form, und kann es dann von aufsen her in gewöhnlicher Weife einputzen und abziehen, da es hierzu hinreichend engmafchig ift.

Fig. 287.



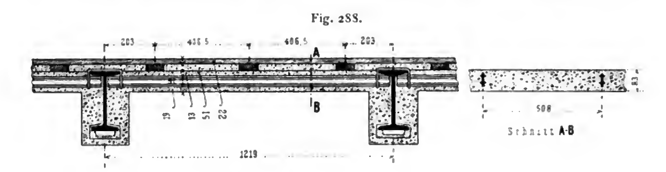
Die Betondecke der *Columbian fireproofing Co.* (Fig. 288 u. 289[227]) befteht aus einer Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 5 Teilen Steinfchlag in irgend einer Höhe der I-Balken, in welche in 508 mm Teilung doppelte Kreuzeifen von 51 mm Höhe eingelegt find, und zwar mit ihrer Mitte über die Mitte der 83 mm ftarken Betonplatte. Demnach ift hier die Eifeneinlage weniger zur Entlaftung der Zugfeite des Betons, als zur Erzielung einer felbftändigen Trägerwirkung eingefugt. Die Doppelkreuzeifen werden vor dem Einbringen des Betons durch über die Balken

146.
Decken der *Columbian fireproofing Co.*

226) Siehe: *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265, 313.
227) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.

gelegte Blechbügel mit entſprechender Lochung in der ihnen beſtimmten Höhenlage angebracht. Die Betonhülle der Balken wird in ihrem Boden noch beſonders durch auf die Unterflanſche gehängte Drahtbügel getragen, zeichnet ſich aber noch dadurch aus, daſs ſich dieſer Boden nicht dicht unter den Balken legt, ſondern

Fig. 288.

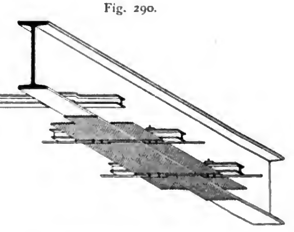


einen nicht unbeträchtlichen Luftraum unter dem Balken frei hält, der den Feuerſchutz weſentlich erhöht; ſeine Form iſt die beim Einſtampfen entſtehende unregelmäſsige. Für die Füllung zwiſchen den Fuſsbodenlagern iſt ein Beton aus 1 Teil Zement, 5 Teilen Sand und 10 Teilen Steinſplittern verwendet.

Fig. 289.

Die in Fig. 288 dargeſtellte Decke wurde 30 Tage alt mit 730 kg für 1 qm Eiſenballaſt belaſtet. Sie war in einem Probegebäude ſeitens der ſtädtiſchen Verwaltung von New-York hergeſtellt, in deſſen unterem Teile die nötigen Roſtanlagen zur dauernden Unterhaltung eines gut genährten Feuers angebracht waren. Das Feuer brachte ſchnell eine Wärme von 1150 Grad C. hervor, die dann mit geringen Schwankungen 5 Stunden lang erhalten wurde. Dann wurde die Decke von unten 15 Minuten mit kaltem Waſſer beſpritzt und von oben 5 Minuten lang ebenſo überflutet. Der Spritzenſtrahl war unter 4,2 Atmoſphären Druck ſo ſtark, daſs die Oberfläche der Wände ſtellenweiſe davon verletzt wurde. Bei der Prüfung zeigte ſich, daſs der Waſſerſtrahl die dünne Betonlage unter den Balken und Eiſeneinlagen ſtellenweiſe weggewaſchen hatte; ſonſt war die Decke unverletzt; nur hatte ſie bei 487 cm Lichtweite in heiſsem Zuſtande 89 mm Durchbiegung angenommen, die mit der Abkühlung mit Waſſer auf eine bleibende von 76 mm zurückging. Eine Woche ſpäter wurde ein Feld mit 3000 kg für 1 qm belaſtet, wobei ſich die Träger 13 mm durchbogen, ohne daſs eine Verletzung der Decke entſtand. Die Wirkung der Wärme wurde durch die Kaſſettenform und durch das Fehlen jedes ſchützenden Putzes beſonders ſcharf gemacht.

Fig. 290.



147. Betondecken von *Holzer*.

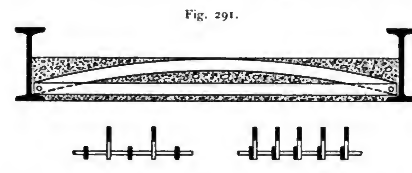
Nach Patent *Holzer* führen *Wayſs & Freytag* in Neuſtadt a. d. H. eine Betondecke [228]) aus, welche als Eiſeneinlagen kleine, 2 cm hohe I-Eiſen erhält (Fig. 290). Dieſe liegen in 25 cm Teilung, an den Enden etwas aufgebogen, auf den Unterflanſchen der Balken bündig mit deren Unterfläche, wenn eine ebene Decke entſtehen ſoll; ſie können jedoch zur Bildung einer Kaſſettendecke auch in höhere Lage gebracht werden. Die zuläſſige Balkenteilung wird für gewöhnliche Verhältniſſe zu 2,50 m angegeben. Unter jede Einlage wird mittels Draht und mit etwa 1,5 cm Zwiſchenraum je ein Rundeiſen gehängt, welches

[228]) Siehe: Deutſche Bauz. 1895, S. 144.

zur ficheren Unterftützung von einzelnen Putzrohrftengeln oder Putzrohrmatten benutzt wird, die fomit auch gleich die Balkenunterflanfche eben und ficher unterdecken.

Angegeben wird, dafs diefe Konftruktion beftimmt fei, die Ausführung der Betonplatte ohne Einrüftung zu ermöglichen, da die Putzträger bei nur 25 cm Traglänge ftark genug feien, um das Einfüllen der frifchen Betonlage zu geftatten; nachher foll der Putz dann von unten angeworfen werden. Bei diefer Art der Ausführung erfcheint aber der Umftand bedenklich, dafs die Putzrohrftengel auch in Mattengewebe vereinigt zu fchwach find, um kräftiges Einftampfen des frifchen Betons zu ertragen, ohne das eine tragfähige und dichte Decke nicht zu erzielen ift und das auf einem engmafchigen, gut befeftigten Drahtnetze zur Not ausführbar ift. Soll eine dichte Decke erzielt werden, fo wird man den erforderlichen Widerftand für das Stampfen auf irgend eine Weife doch fchaffen müffen.

Fig. 291.



148. Decken von *Wilkens*.

Bei der Decke von *C. B. T. Wilkens* [229]) erhält der Beton nach Fig. 291 vollftändige, aus Bandeifen gebildete Bogenträger mit Bandeifenzugftange als Einlage. Bogen und Zugftange liegen entweder dicht bei einander oder find gleichmäfsig auf die Länge der Betonplatte verteilt. In allen Fällen find fie untereinander mittels lang durchlaufender, durch Löcher der Bandeifenenden gefteckter Rundeifen verbunden.

Fig. 292.

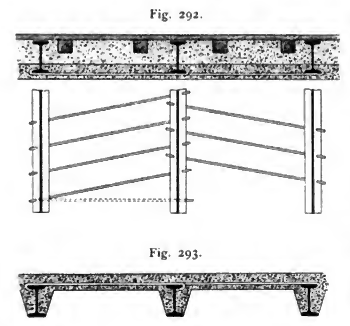


Fig. 293.

Dafs in gleicher Weife auch als Ketten wirkende Einlagen aus nach unten gekrümmten Bandeifen verwendet werden können, wird gelegentlich der Befprechung von Fachausfullungen aus Backfteinen unter b, 4, β noch erörtert werden.

149. Decken von *Chrometzka*.

W. Chrometzka [230]) in Breslau bringt in der Weife Rundeifeneinlagen in die tiefften Schichten von Betonplatten und erzeugt zugleich eine Verfpannung der Balken gegeneinander, dafs er die Enden von Rundeifenftücken zu Haken fo umbiegt, dafs fie für die Fachbreite etwas zu lang bleiben, diefe rechtwinkelig zu den Balken unter (Fig. 292) oder über (Fig. 293) diefe ftreckt und fie dann fo weit dreht und antreibt, dafs fie fich feft auf die Trägerflanfche klemmen.

Dafs man fo eine tragende Betontafel fowohl über den Balken, als auch zwifchen deren unteren Teilen herftellen kann, zeigen Fig. 292 u. 293. Erftere

229) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

230) D. R. G. M. 80434. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

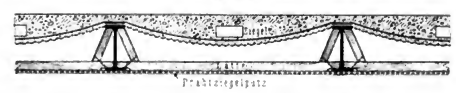
Konftruktion ift dann von der *Koenen*'fchen Voutenplatte (fiehe Fig. 267 u. 268, S. 137) in keinem wefentlichen Punkte verfchieden.

Aehnlich diefer Konftruktion ift auch die »Spanneifendecke« von *Zöllner*[231]).

150. Terraftdecken von *Lilienthal.*

Der Terraftestrich[232]) der Terraftbaugefellfchaft nach *Lilienthal* kann, wie zwifchen Holzbalken (fiehe Art. 53, S. 64), auch zwifchen Eifenträgern (Fig. 294) angebracht werden. Unter Hinweis auf die Angaben für Holzbalken in Art. 53 (S. 64) ift hier nur folgendes zuzufügen. Da fich das Papier an den Eifenbalken

Fig. 294.



nicht befeftigen läfst, fo wird hier die Ausführungsweife mit zu unterft liegendem erften Drahtnetze die Regel bilden. Die Drahtnetze werden mit Bindedrähten an die Trägerflanfche gehakt. Die Pappftreifen über den Balken fallen weg.

151. Decken von *Bramigk.*

Um das Gewicht folcher geftampfter Betondecken mit Eifendrahteinlagen oben und unten zu verringern, legt *Bramigk*[233]) in Deffau in der Richtung der Tragdrähte Reihen von Drainrohren ein, welche oben und unten je eine kräftige Betongurtung mit Drahteinlagen und zur Verbindung beider Gurtungen dünne Zementftege zwifchen fich ftehen laffen. Da der Beton an die Drainrohre bei zweckentfprechender Behandlung feft anbindet, fo entfteht ein gefchloffenes Gefüge, deffen Tragfähigkeit derjenigen einer vollen Platte kaum nachgiebt, deffen Gewicht aber wefentlich geringer ift. Die Drähte liegen immer in den dreieckigen Zwickeln zwifchen je zwei Drainrohren. Ausführungen folcher Decken find bis 4 m Weite ohne Trägerftützung vorgenommen.

Fig. 295.

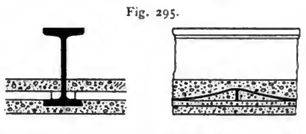
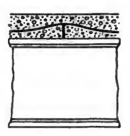


Fig. 296.







152. Framdecken von *Janfen.*

Auch die »Framdecke« von *Janfen*[234]) mit eine Juteeinlage enthaltender Mörtelplatte (fiehe Art. 120, S. 127) wird als Ausfüllung für eiferne Balkenlagen vorgefchlagen. Zwei derartige Beifpiele find in den Fig. 295 u. 296 dargeftellt. Diefe Konftruktion weicht von der für Holzbalken (fiehe Fig. 107 u. 108, S. 63 u. 64) befchriebenen nicht wefentlich ab; nur foll Zementbeton der Mifchungen 1 : 5 bis 1 : 10 verwendet werden, und die Auflagerung auf die Balken ift unter Benutzung der oberen oder unteren Flanfche der Balken eine erfichtlich beffere als bei Holzbalken.

---

231) D. R.-G.-M. 80434. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1899, S. 524. — Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1897, Wochausg., S. 758.
232) D. R.-P. 100194. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 193
233) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 144. — Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1900, Wochausg., S. 207.
234) Siehe: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 188.

2) Plattenförmige, fertig in den Bau gebrachte Körper.

α) Ohne Einlagen.

Eine fehr gute Fachausfüllung diefer Art wird nach Patent *Wayfs*[235]) mit *Mack*'s Gipsdielen (vergl. Art. 42, S. 58 u. Art. 61, S. 71) hergeftellt, wie in Fig. 297 gezeigt ift. 153. Gipsdielendecke von *Wayfs*.

Auf die Unterflanfche wird eine Lage von Gipsdielen quer gelegt, nachdem fie an den Kanten fo ausgenutet find, dafs die Unterfläche mit derjenigen der Träger bündig wird; hierauf werden entlang den Trägern je zwei Reihen Gipsdielen längs gelegt und darauf wieder eine Lage in der Querrichtung. Die Dicke wird fo bemeffen, dafs die oberfte Lage oben wieder bündig mit den Trägern liegt. Man kann nun oben den etwa notwendigen Fufsboden unmittelbar auf die Gipsdielen fchrauben, nachdem alle Fugen forgfältig mit Gips gedichtet find, und die rauhe Unterfläche kann unmittelbar geputzt werden.

Diefe Decke ift fehr dicht für Wärme und Schall, reichlich tragfähig für die Laften gewöhnlicher Wohnräume und vergleichsweife fehr leicht; fie nimmt wenig Höhe in Anfpruch und befitzt auch einige Widerftandsfähigkeit gegen Feuer, da die Gipsdielen felbft nach Zerfallen des Gipfes in der Hitze noch einigen Zufammenhalt bewahren. Sorgfalt bedingt hier die Unterputzung der Trägerflanfche, welche fich leicht durch Riffe auszeichnet; in Fig. 297 ift angenommen, dafs der Putz durch unter die Träger gefpannte Rohrgewebe gehalten wird.

Fig. 297.

Die Gefahren mangelhafter Füllftoffe entfallen; Gerüfte zum Einbringen find nicht erforderlich; Feuchtigkeit ift ausgefchloffen; die Dichtigkeit gegen gröfsere Waffermengen ift namentlich dann vollkommen, wenn die oberfte Lage mit Zement eingedichtet wird; eingefchloffene Holzteile find nicht vorhanden. Auch das unmittelbare Auftragen eines Eftriches ift möglich.

Der Preis der in Fig. 297 dargeftellten, für 6 m Weite berechneten Decke ift 17,8 Mark für 1 qm, wobei aber in das Gewicht fällt, dafs die geringe Dicke Erfparungen in den Wänden ergiebt.

Die Belaftungsproben ergaben bei einer Auflaft von 4250 kg für 1 qm keinerlei erkennbare Wirkung. Ein Gewicht von 55 kg, aus 2 m Höhe fallend, erzeugte oben einen 5 mm tiefen Eindruck und kleine Riffe an der Unterfeite der oberen Dielenlage; ähnliche Erfolge erzielte ein aus der Höhe von 3 m fallendes Gewicht von 25 kg. Die Deckenfläche ift hier alfo ganz befonders gut gegen Verletzungen von oben her gefchützt.

Wenn auch Eifen in Form von untergefpannten Drähten bei ihr zur Verwendung kommt, fo ift doch die Decke mit *Katz*' Spreutafeln[236]) hier anzuführen, weil die Drähte keine Einlage bilden, fondern nur zum Zwecke des Verlegens der Tafeln untergefpannt werden. Die Konftruktion entfpricht ganz der in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 und in Art. 62 (S. 71) befprochenen mit Holzbalken. Die Ausbildung für Eifenbalken ift in Fig. 298 dargeftellt. 154. Spreutafeln von *Katz*.

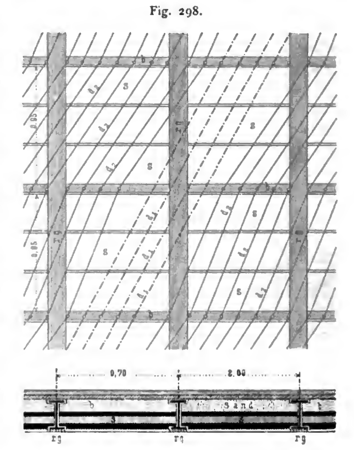
Um hier die Drähte, welche das Auflager der Spreutafeln bilden, anbringen zu können, find zunächft Holzbohlen *b* zwifchen die Träger eingefetzt, welche die

[235]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 65.

[236]) Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 172, S. 186) diefes »Handbuches«.

Nägel für die gerade oder im Zickzack in 10 cm Teilung gefpannten verzinkten Drähte d_1 und d_2 aufnehmen. Unter die Bohlen wie unter die Träger find dann durch Streifen Dachpappe von den Holz- und Eifenflächen gefonderte, fchmale Rohrgewebe *rg* gefpannt, die Spreutafeln *s* dann verlegt und mit Gips gedichtet, auf der rauhen Unterfeite unmittelbar unterputzt und mit Füllung bedeckt. Die Bohlenftücke *b* dienen erforderlichenfalls oben zugleich zur Befeftigung der Fufsbodenbretter, welche alfo parallel zu den Eifenbalken laufen. In Fig. 298 ift auf einem folchen Blindboden dann ein Stab- oder Parkettboden angedeutet.

Fig. 298.



Da hierfür volles Auflager des Fufsbodens auf der Füllung mit ihren Gefahren notwendig ift, eingefchloffene Holzteile nicht umgangen werden können, das Gewicht auch nicht unbeträchtlich gröfser ift, fo ift diefe Deckenkonftruktion, obwohl fie fonft ähnliche Vorzüge befitzt, doch nicht als fo vollkommen zu bezeichnen wie die vorige. Was die Sicherheit der Deckenfläche anlangt, fo waren einige Arbeiter nicht im ftande, dem Deckenputze durch Hüpfen auf den unabgedeckten Spreutafeln fichtbare Verletzungen beizubringen. Uebrigens lieferten Belaftungsverfuche ähnliche Ergebniffe, wie die in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 angegebenen.

155.
Decken aus Steinplatten.

Vereinzelt kommen in Gegenden, wo in grofsen Platten brechende Gefteinsarten billig find, auch natürliche Steinplatten als Fachausfüllung zur Verwendung. Diefe Anordnung wird jedoch fchon dadurch fchwierig, dafs nur wenige Gefteinsarten die Herftellung folcher auf Biegung beanfpruchter Platten erlauben. Aber felbft geeignetem Steine mufs eine bedeutende Stärke gegeben werden, wenn man ähnliche Tragfähigkeit, wie diejenige von Wölbungen oder auch Mörtelplatten erzielen will. Die Decken werden daher teuer und fchwer und geben beim Vorhandenfein verborgener Riffe felbft im beften Gefteine keine grofse Sicherheit. Betrachtet man die Steinplatten nur als Fachausfüllung und überträgt die Laften durch Lagerbalken auf die Träger, fo werden die Koften noch ungünftiger.

Ein Beifpiel folcher Deckenbildung zeigt die fteinerne Kaffettendecke der Eingangshalle im *Lycée Janfon de Sailly* zu Paris[237]).

Hier find zwifchen die 26 cm hohen Träger zur Bildung von 107 cm weiten quadratifchen Kaffettenfeldern zunächft eiferne Querträger von 13 cm Höhe gelegt. Jedes Feld ift dann zunächft durch in die Trägerhöhlungen eingepafste Randfteine eingefafst, welche innen die Randprofilierung der Kaffette und oben einen Falz zur Aufnahme der 10 cm ftarken, fteinernen Deckplatte tragen; oben wird die Kaffette durch diefe Platte gefchloffen. Die unteren Gurtungen der Träger find in die profilierten Randfteine bündig eingelaffen.

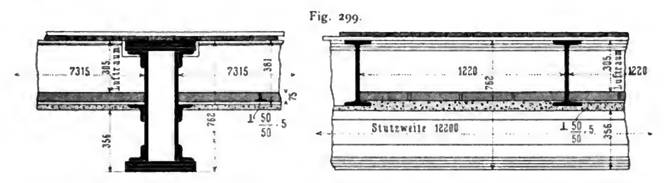
237) Siehe: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

Man hat jedoch hier die Steinplatten nicht zur Aufnahme der Fufsbodenlaft benutzt, fondern Lagerbalken über die Träger geftreckt, welche alfo die Steinplatten völlig entlaften.

In einigen Fällen, z. B. über den feitlichen Hallen des *Trocadéro*-Palaftes zu Paris, hat man in die durch die eifernen Träger gebildeten Kaffettenfelder eigens zu diefem Zwecke angefertigte Terrakottaplatten gelegt. 156. Decken aus gebrannten Thonplatten

Diefe letzterwähnte Fachausfüllung ift nach Fig. 299 auch im Gebäude der *Manhattan-Savings-Inftitution* [238]) in New-York verwendet, wobei man jedoch der

Fig. 299.



Tragfähigkeit diefer Thonplatten wenig zugemutet hat. Zwifchen die an genietete Unterzüge angefchloffenen Balken find auf deren Unterflanfche kleine ⊥-Träger gelegt, welche die ganz unbelafteten Platten aufnehmen. Der Deckenputz ift in folcher Stärke unter die Platten gebracht, dafs er die Balken und ⊥-Träger unterdeckt. Der Fufsboden liegt hohl und ift aus doppelter Dielenlage in rechtwinkeliger Ueberkreuzung gebildet.

Diefe Decke, bezüglich deren Feuerficherheit man grofse Erwartungen gehegt hat, hat fich in diefer Beziehung nicht bewährt, wie in Kap. 7 noch erörtert werden wird.

β) Mit Einlagen.

Nachdem fich die aus Mörtelarten mit verfchiedenen Beimengungen hergeftellten künftlichen Platten in der Geftalt z. B. von Korkplatten, Gipsdielen, Spreutafeln fchnell die Stellung von beliebten Bauteilen erworben haben, befonders weil fie ganz trocken in den Bau gelangen, ift man von verfchiedenen Seiten darauf ausgegangen, den wefentlichen Mangel diefer Fachausfüllungsmittel — ihre geringe Tragfähigkeit — abzuftellen. Dies ift gelungen einerfeits durch Verwendung fefterer Mörtelarten, andererfeits durch Einfügen von Eifeneinlagen. Dabei ift die durch Verwendung fefterer Mörtelarten bedingte Gewichtsvermehrung bald durch Vergröfserung der vorgefehenen Hohlräume, bald durch Befchränkung der fchwereren Stoffe auf das ftatifch unbedingt nötige Dickenmafs abgefchwächt; im letzteren Falle wird dann die wegen Undurchläffigkeit gegen Schall und Wärme erforderliche Gefamtdicke durch leichtere Stoffe, wie Bimsfand, hergeftellt.

Die Herftellung von Betonplatten an Ort und Stelle zwifchen den vorher verlegten eifernen oder hölzernen Tragkörpern ift umftändlich, erfordert befondere Vorkehrungen — meift eine volle Einrüftung der Decke mit Schalung — zum Tragen des noch nicht abgebundenen Betons und fchafft die Gefahr, dafs die unter nicht befonders bequemen Verhältniffen zu verrichtende Arbeit nicht das denkbar befte Ergebnis liefert; fchliefslich ermöglicht die Beförderung fertiger Teile in den

238) *Scientific American*, Suppl. 1897, S. 17536.

Bau gegenüber dem Einbringen und Verarbeiten von Rohftoffen Erfparungen an Förderkoften und namentlich an Bauzeit. Alle diefe Punkte befördern die Verwendung folcher »Zementdielen« oder »Zementbretter«[239]), von denen wir hier die folgenden Ausführungsformen befchreiben.

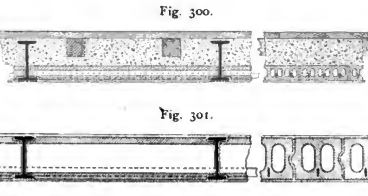


Fig. 300.

Fig. 301.

157. Stegzementdielen von *Stolte*. Die Stegzementdielen von *Stolte*[240]) werden in verfchiedenen Breiten und Stärken fo hergeftellt, dafs fie der Länge nach von einer gröfseren oder geringeren Zahl oben und unten halbkreisförmig gefchloffener, grofser Oeffnungen durchfetzt werden, welche zwifchen fich die obere und untere Decke der Platte verbindende Stege ftehen laffen. Da wo der Steg an den unteren Plattenboden anfchliefst, wird jedes zweite oder jedes dritte Mal ein hochkantig ftehendes Bandeifen eingegoffen, welches der Unterfläche möglichft nahe gerückt ift. Jede Diele hat an einer Flanke eine flache Nut, an der anderen einen entfprechenden Spund, fo dafs die Tafeln ineinander eingreifen und die Laft aufeinander übertragen.

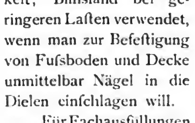


Fig. 302.

Die Dielen werden von 5 cm an in verfchiedenen Dicken hergeftellt. Die ftärkften haben nur zwei Hohlräume, die fchwächften deren fechs. Die Dielenbreite nimmt mit wachfender Dicke ab; die Zahl der Eifeneinlagen wird wie der Gefamtquerfchnitt der verlangten Tragfähigkeit angepafst. Als Bauftoffe werden Zement und Quarzfand für grofse Tragfähigkeit, Bimsfand bei geringeren Laften verwendet, wenn man zur Befeftigung von Fufsboden und Decke unmittelbar Nägel in die Dielen einfchlagen will.

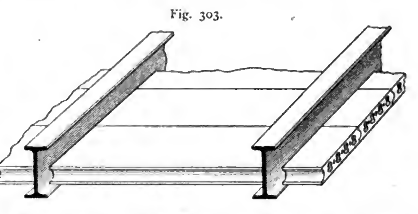


Fig. 303.

Für Fachausfüllungen zwifchen Holzbalken ift die Verwendung in Art. 45 (S. 60) zu Fig. 97 bis 101 befchrieben. Als Beifpiele der Einlagerung zwifchen Eifenbalken werden die folgenden angeführt.

Fig. 300 ftellt eine Decke mit 25 cm breiten Dielen dar, die bei 8 bis 10 cm Stärke 4,8 bis 5,1 Mark für 1 qm koften. In Fig. 301 nehmen die Dielen die ganze Trägerhöhe ein: die Nagelung der Holzteile auf Bimsfandbeton wird gezeigt. Fig. 302

239) Von *J. Wygafch* in Beuthen (fiehe auch: Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 164) und *J. Simonis* in Köln a. Rh.

240) Geliefert von: Zementbau-Aktiengefellfchaft zu Hannover; Deutfche Zementbau-Gefellfchaft in Berlin. — D. R.-P. 71351, 87014, 91654. — D. R.-G.-M. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 455. — Deutfche Bauz. 1894, S. 67.

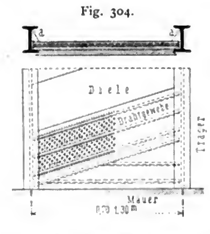
giebt die Konftruktion einer doppelten Decke mit zwifchenliegendem Hohlraume an. In allen Fällen werden die Dielen zum Zwecke der Erzielung ebenen Deckenputzes bei der Formung für die Lagerung auf die Trägerflanfche ausgeklinkt.

158. Zementdielen von *Roefsler* und von *Ambrofius*.

Den vorbefchriebenen ähnlich find die *Roefsler*'fchen[241]) Zementdielen (Fig. 303).

Die in Fig. 304 u. 305 dargeftellten Zementdielen von *Ambrofius*[242]) haben eine vielteilige, aber zweckmäfsige Zufammenfetzung, welche erhebliche Tragfähigkeit verfpricht. Jede 33 cm breite Platte hat eine obere Gurtung aus Zementmörtel (Fig. 305); vier kreisförmige Oeffnungen ergeben in der Mitte eine entfchiedene, an die obere Gurtung gut anfchliefsende Stegbildung, welche in den gezogenen Teilen fachgemäfs durch drei aufrecht ftehende, ungleichfchenkelige Winkel verftärkt wird. Diefe Winkel dienen zugleich zur Aufnahme des die Zuggurtung der Platte nach beiden Richtungen verftärkenden, quadratifchen Drahtgewebes. Unten fchliefst die Platte mit einer bei der Herftellung gleich eingegoffenen Schicht groben Bimsfandes ab, welcher die nötige Rauhigkeit zum Haften des Deckenputzes liefert. Jede Platte hat einerfeits eine Nut, andererfeits eine gleiche Nafe, fo dafs fich die verlegten Platten gegenfeitig unterftützen.

Fig. 304.



Die untere Bimsfandfchicht fehlt an den kurzen Rändern (Fig. 304), fo dafs der Beton der unteren Gurtung unmittelbar auf den Trägerflanfchen liegt. Der Deckenputz kommt fo tief genug zu liegen, um das Anbringen eines der üblichen Befeftigungsmittel unter den Trägerflanfchen zu geftatten, fo dafs das Reifsen unter den Trägern vermieden werden kann.

Fig. 305.

Nach Fig. 304 follen die Tafeln fchiefwinkelig geformt und fchräg zwifchen die Balken gelegt werden. Dies fcheint keine Verbefferung zu fein; denn die Laftübertragung wird dadurch eher verfchlechtert als verbeffert; dreieckige Endtafeln werden erforderlich, und die Stützlänge der Winkel und damit der Platte wird vergröfsert. Der rechteckigen Geftaltung und dem geraden Einlegen fteht nichts im Wege.

Durch dreieckige Putzleiften *a* (Fig. 304) werden die Tafeln zwifchen den Trägern der Höhe nach unbeweglich feftgelegt.

159. Asbeftzementplatten von *Kröger*.

Die Platten von *J. N. Kröger* beftehen aus Asbeftzement von *Kühlewein* oder Kunftfteinmaffe von *Kröger* mit Eifeneinlage. Die Art der Verwendung ergiebt fich aus Fig. 306 u. 307. Die Platten werden mit Zementmörtel verfetzt, der fie mittels der wechfelweife geneigten Dübelnuten *c* in den Stofsfugen befonders innig verbindet und zur Laftübertragung von Tafel zu Tafel beiträgt. Die Platten haben 25 cm Breite und Stärken von 5 cm an. Ihr Gewicht beträgt bei 5 cm Stärke 50 bis 60 kg für 1 qm.

Beide Grundftoffe erlauben das Einfchlagen von Nägeln und das Eindrehen von Schrauben, wie in Holz. Bei entfprechend tiefer Geftaltung der Nuten *d* kann

---

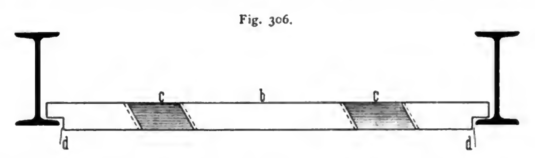
241) Erzeugt von: *A. Roefsler & Co.*, Chemnitz.

242) Erzeugt von *Schmidt & Langen*, Minden in Weftfalen. — D. R.-G.-M 61 437.

man die Unterfläche tief unter die Trägerflanſche bringen; da das Unternageln von Haftmitteln für den Putz ohne weiteres möglich iſt, ſo entſteht eine verhältnismäſsig ſichere Deckung der Trägerunterflächen.

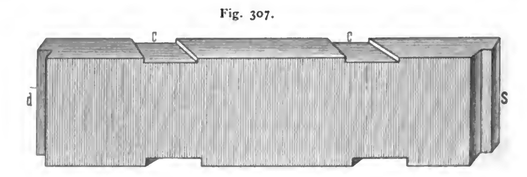
160. Horizontaldecken von *Weyler*. Bei der »Horizontaldecke« von *Weyler*[243]) haben die ſchmalen Platten verſchiedener Dicke aus Beton oder Kunſtſtein auf ſelbſtändige Trägerwirkung berechnete

Fig. 306.



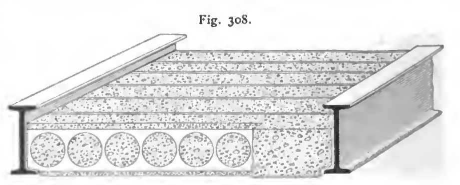
Einlagen aus geſtanztem Eiſenbleche (Fig. 308). Die groſsen, in hochkantig ſtehende Blecheinlagen geſtanzten Löcher ergeben ein ſehr ſicheres Einbinden der Einlage in

Fig. 307.



die Platte und laſſen oben und unten eiſerne Gurtungen, zwiſchen ſich dieſe verbindende Stege ſtehen. Das Anreihen der Platten erfolgt unter Einbringen von Zementmörtel in die Fugen. Bei 1 m Plattenlänge für entſprechend weite Balkenteilung ergab die Decke bis zum Bruche bei Verſuchen eine Tragfähigkeit von mehr als 3000 kg für 1 qm.

Fig. 308.



3) Dünnwandige Thon- oder Mörtelkaſten.

α) Ohne Einlagen.

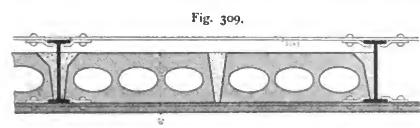
161. Franzöſiſche Gipskaſten. Hier ſind zuerſt die in Frankreich gebräuchlichen Gipskaſten aufzuführen, von denen in Fig. 309 ein Beiſpiel dargeſtellt iſt. Solche hohle Gipsblöcke trugen bei Verſuchen *Oudry*'s[244]), bei 16 cm Höhe, 100 cm Trägerentfernung, Füllung der Fugen mit Gips und 30 Vomhundert Hohlraum, durch 6 Wochen 3000 kg auf 1 qm, ohne Spuren des Nachgebens zu zeigen. Ein Gewicht von 200 kg, welches 3 m hoch mitten auf

243) *C. Weyler* in Heilbronn. — D. R.-G.-M.

244) Siehe: *Annales induſtrielles*, Bd. 7 (1883), S. 5.

eine 70 cm weite und 16 cm ftarke Ausfüllung fiel, fowie ein folches von 370 kg, welches auf diefelbe Ausfüllung, aber mit untergelegten Querftäben nach Fig. 309 in 50 cm Teilung von 1 m Höhe fchlug, brachten keine Formänderung hervor. *Ginain* erzielte auf 12 cm hohen Ausfüllungen mit 3140 kg Laft auf 1 qm ebenfowenig Zerftörungen; dabei zeigten die nur fchwach verfteiften Träger keinerlei feitliche Ausweichung.

Fig. 309.



Auch grofse, dünnwandige Kaftenplatten aus gebranntem Thon (Terrakotten, Fig. 310) find verhältnismäfsig früh in Frankreich verwendet. Thonkaften nach *Perrière* (Fig. 310), welche in der Fabrik *Derain & Dinz* bei Châlons-fur-Saône in Längen von 55 bis 70 cm, bei 20 cm Fufsbreite, angefertigt werden, haben bei Verfuchen im *Confervatoire des arts et métiers* zu Paris eine Tragfähigkeit von über 2000 kg für 1 qm gezeigt. 162. Gebrannte Thonkaften.

Ganz ähnliche Formen find in neuerer Zeit auch von deutfchen Ziegeleien [245]), und zwar in beträchtlichen Abmeffungen von 4 × 20 × 50 cm bis 10 × 25 × 90 cm nach Fig. 311 hergeftellt, welche beftimmt find, ein Balkenfach in einer Länge zu decken, deren Fugen daher mit wenig tragfähigem Mörtel gedichtet werden können. Die Kaften lagern an den Enden frei auf den Balkenflanfchen. Da diefe dann aber ganz ungefchützt bleiben, fo werden die Kaften an den Enden fchräg abgefchnitten, um fie dann mit Hilfe der in Fig. 312 dargeftellten Randftücke zwifchen die Träger lagern zu können. Da die Lagerung der fchräg abgefchnittenen Kaften gegen die fchräge Fläche der Randftücke einen Seitenfchub liefern würde, der zwar für die Tragfähigkeit des Kaftens günftig wirkt, wegen der meift geringen Seitenfteifigkeit der Träger und Wände aber oft recht unbequem ift, hat das Kämpferftück einen wagrechten Anfatz erhalten, auf den der Thonkaften frei aufgelagert wird, nötigenfalls mit etwas weiter Fuge, um kleine Unterfchiede in der Fachweite auszugleichen; doch beruht die ganze Tragfähigkeit dann auf der Scherfeftigkeit diefes Anfatzes und kann daher kaum diejenige des einzelnen Kaftens erreichen.

Fig. 310.

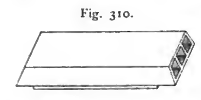


Fig. 311.

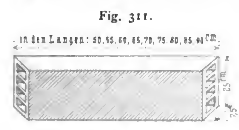
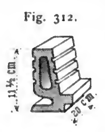


Fig. 312.



Diefe Kaften werden auch gekrümmt geliefert für den Fall, dafs man trotz der plattenartigen Wirkung eine gekrümmte Unterfläche zu haben wunfcht. Die Unterfläche wird geriefelt, um Gelegenheit zum Einbinden des Putzes zu bieten. Die gekrümmten Stücke find auch rechtwinkelig abgefchnitten wie ein Gewölbe zwifchen die Randftücke zu fetzen, wenn man den Schub vertragen kann; der Anfatz der Randftücke ift dann unbelaftet. Das in Fig. 312 dargeftellte Randftück liefert nach unten einen balkenartigen Vorfprung; es kann jedoch auch für ganz glatte Decken geformt werden. Die Riefelungen des Randftückes befördern das Einbinden des Mörtels.

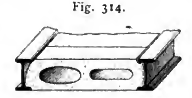
245) Erzeugt von: *H. Breuning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Induftriequartier, Zürich; Aktiengefellfchaft Dampfziegelei in Waiblingen.

Ein weiteres Beifpiel folcher von Balken zu Balken reichender Hohlkaften wieder franzöfifchen Urfprunges, wobei befondere Randftücke zur Trägerdeckung dienen, zeigt Fig. 313.

Auch die *Frohnecke*'fchen Hohlftücke[246]) (fiehe Art. 39, S. 56) werden bei Eifenbalken nach Fig. 314 in verfchiedenen Spannweiten mit einer Oeffnung oder mehreren und 5 bis 25 cm Länge ohne Fugen fo verwendet, dafs die Unterkante mit den Balken bündig ift.

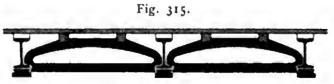
Fig. 313.

Fig. 314.



Pulda[247]) in Dresden formt mit zwei rechteckigen Löchern verfehene Hohlftücke von 25 cm Länge und 14 cm Höhe aus Beton, giebt ihnen im Querfchnitte durch die Längslöcher nicht rechte, fondern Winkel von 70 Grad. Entfprechende Kämpferftreifen werden in die Träger geputzt, fo dafs die fchiefwinkeligen Steine einen fcheitrechten Bogen bilden. Jedes Lager hat zwei kräftige Rillen, um die Schichten durch den Mörtel feft zu verbinden. Schliefslich wird der in der Mitte verbleibende, oben breitere Keilftreifen mit Beton ausgeftampft und fo die Platte gefchloffen, deren Hohlräume entlang den Trägern liegen.

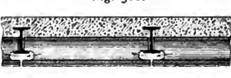
Fig. 315.

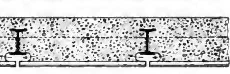


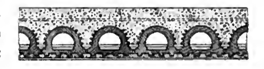
In Nordamerika find dünnwandige Thonkaften, dicht und infolge Zufatzes von bis zu 30 Vomhundert Sägemehl beim Formen löcherig, in grofsem Mafsftabe fchon früh, z. B. 1872 im Poftdienftgebäude zu New-York, verwendet[248]). Eine der älteften Formen ift die von *W. L. Drake* (1873) in Chicago angegebene. Von da an haben diefe Decken unter der Wirkung billiger, mafchinenmäfsiger Herftellung der Kaften in Nordamerika fchnelle Verbreitung gefunden.

Eine grofse Zahl derartiger amerikanifcher Mufter von Hohlkaften teilt *v. Emperger* unter Angabe ihrer Leiftungen mit[249]), darunter auch die oben erwähnte aus dem Poftamte in New-York von *Johnfon & Kreifcher* von 1872 (Fig. 315). Uebrigens wird auf die zahlreichen derartigen Ausführungen verwiefen, die fchon unter a, 2 auf S. 97 bis 105 befprochen find.

Fig. 316.







Eine befondere Form von Thonkaften amerikanifchen Urfprunges find die *Fawcet lintels* (Fig. 316[250]). Sie find beftimmt, nach oben mit Beton in innigen Verband zu treten, unten den Deckenputz in Schwalbenfchwanznuten aufzunehmen. Sie können bei geeignetem Anbringen der Flanfchnuten fo tief auf die Trägerflanfche gehängt werden, dafs die grofsen Kanäle quer unter den Trägerflanfchen

[246]) D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

[247]) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1899, S. 543.

[248]) In: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

[249]) Siehe: Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 1, 38.

[250]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235. — *Engineer* 1899 — I, S. 606. — *Engng* 1901 — I, S. 173.

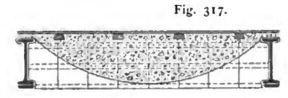
hin in Verbindung bleiben, und fomit durch Anbringen von Luftzügen in den Wänden eine wirkfame Kühlung der Trägerunterflanfche bewirken, die dann zwar nur einen dünnen Thonkörper mit Putz, aufserdem aber noch einen erheblichen Luftraum unter fich haben.

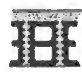
β) Mit Eifeneinlagen.

Da die dunnwandigen Kaftenformen an fich fchon aus der Abficht hervorgegangen find, Fachausfullungen grofser Tragfähigkeit zu erzielen, fo find derartige Konftruktionen mit verftärkenden Eifeneinlagen felten, um fo mehr, als letztere fich den grofsen Körpern auch weniger leicht einfügen laffen, als dem Beton oder Platten aus vielen kleinen Stücken. Immerhin liegen auch folche Ausführungen vor, wie die in Fig. 317 dargeftellte nordamerikanifche Decke älterer Entftehungszeit erkennen läfst [251]. Die quer gefetzten Hohlkaften faffen ziemlich ftarke Zementmörtelfugen zwifchen fich, die, in tiefe Nuten der Kaftenwände eindringend, diefe feft verbinden und zugleich eingedrückte, hakenförmig um die oberen Trägerflanfche gebogene Bandeifen aufnehmen, welche die Zugfeite der Platte entlaften. Der auch unter dem Bandeifen befindliche Mörtel ift in Fig. 317 nicht dargeftellt. Jedes Bandeifen wird vor dem Anreihen der nächften Kaftenreihe vor die vorhergehende gehängt; dann wird Mörtel angeworfen und nun die folgende Reihe angedrückt. Die ziemlich verwickelte Ausführungsart findet fich neuerdings kaum noch, da die Erfahrungen mit Hohlkaften auch ohne Einlagen durchaus befriedigende find.

163.
Hohlkaften mit Eifeneinlagen.

Fig. 317.





4) Gewöhnliche oder befonders geformte Voll-, Loch-, Leicht- oder Porenfteine.

α) Ohne Einlagen.

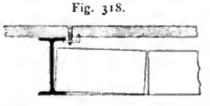
Diefe Fachausfüllungen, welche fich ohne weiteres auf Einfchalung oder Hängerüftung aus den auch in den Wänden verwendeten Bauftoffen zwifchen verhältnismäfsig fchwachen, weil von Seitenfchüben freien Trägern herftellen laffen, würden in ihrer einfachften Geftalt, dem Ausfetzen der Trägerfache mit Steinreihen in gutem Mörtel, eine fchnelle und weite Verbreitung gefunden haben, wenn man ihnen nicht bei dem in Deutfchland verhältnismäfsig lange beibehaltenen Brauche des Mauerns in Kalkmörtel eine zu geringe Tragfähigkeit vorgeworfen hätte, die fich bei Verfuchen mit langfam bindenden und lofen Mörtelarten in der That als fchlecht erwies. Nachdem man fich nun aber allmählich an den anderen Ländern längft geläufigen Gedanken gewöhnt hat, dafs die Mehraufwendung fur den Zufatz oder die ausfchliefsliche Verwendung von Zement wegen der erzielten wefentlich befferen Ergebniffe eine wirtfchaftlich vernünftige Mafsregel fei, hat fich diefes Verhältnis geändert, und Verfuche, die Fachausfüllungen blofs aus Reihen gewöhnlicher leichter Vollfteine oder Lochfteine herzuftellen, bei denen noch dazu blofs die kurzen Kopffugen in den Reihen, nicht die langen Fugen zwifchen den Reihen mit Mörtel gefüllt wurden, haben fich bewährt.

[251] Siehe: Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 4.

164 Decken von *Kopp*.

In dieſer Weiſe ſind die *Kopp*'ſchen Decken gebildet, die Muſterſchutz[252]) erlangt haben (Fig. 318). Die Steinreihen, deren Länge durch Einſetzen einzelner Querſteine jedem Abſtande der Balken angepaſst werden kann, werden auf einer im Gegenſatze zu Fachausfüllungen mit Formſteinen nötigen Schalung ohne Mörtel mit 1 cm weiten Stoſsfugen dicht aneinander geſetzt und in dieſen Stoſsfugen, ſowie am Trägerſtege mit ſchnell bindendem Zementmörtel vergoſſen. Die Unterfläche wird unmittelbar geputzt, nachdem die Träger unten mit Zement berappt ſind. Die Steinunterfläche wird in die dazu nötige Tiefenlage gebracht, indem man die letzten Steine mit geneigter Lage auf die Trägerflanſche greifen läſst (Fig. 318). Nach Angabe *Kopp*'s ſoll der Deckenputz ſo unter den Trägern genügend haften, auch an den Trägerkanten nicht reiſsen; doch ſcheint dies ſehr zweifelhaft. Uebrigens ſind hier die üblichen Mittel zum Halten des Putzes unter den Trägern ebenſo leicht anzubringen, wie in anderen Fällen.

Fig. 318.



Das Gewicht der Fachausfüllung mit rheiniſchen Schwemmſteinen beträgt bei gewöhnlicher Steingröſse rund 100 kg, bei vollen Backſteinen 250 kg für 1 qm.

Bei Trägerabſtänden unter 0,80 m ſind ſolche Fachausfüllungen auch ſchon mit flach liegenden Steinen ausgeführt.

Bei Verſuchen, die mit ſolchen Fachausfüllungen aus gewöhnlichen Vollſteinen 14 Tage nach der Mauerung angeſtellt wurden, ergaben ſich bei 97 cm Trägerabſtand die erſten Riſſe bei 2000 bis 2500 kg auf 1 qm Belaſtung; eine Laſt von 12 500 kg für 1 qm wurde noch ohne Einſturz ertragen. Bei 80 cm Trägerabſtand zeigten ſich die erſten Riſſe bei 3000 bis 40000 kg für 1 qm Belaſtung. Der Bruch erfolgte bei rund 25000 kg für 1 qm Belaſtung.

Hiernach iſt als feſtgeſtellt anzuſehen, daſs es zum Ausſetzen der Trägerfache mit Steinreihen ſelbſt unter hohen Laſten gar keiner beſonderen Hilfsmittel bedarf, daſs das ſorgfältige Vergieſsen oder Vermauern der Steine mit Zementmörtel vollſtändig genügt. Durch Füllung auch der Reihenfugen mit Zementmörtel wird gegenüber der *Kopp*'ſchen Ausführungsart noch eine Erhöhung der Tragfähigkeit zu erzielen ſein. Bei den beträchtlichen, ſo zu erzielenden Erſparungen und der befriedigenden Dichtigkeit ſolcher Decken empfiehlt es ſich, ihre Leiſtungsfähigkeit durch ausgedehntere Anwendung baldigſt weiter zu erproben.

1,50 m weite, ſcheitrechte Fachausfüllungen aus löcherigen Lochſteinen und ohne jede Eiſeneinlage ſind in einem fünfgeſchoſſigen Gebäude mit Eiſenbalken zu Poſen ausgeführt[253]) wobei die Lochſteine auch keine Keilform hatten; eine baupolizeilich angeſtellte Balaſtungsprobe hat keine Anſtände ergeben. Auch dieſe Ausführung beweiſt alſo, daſs man ſehr wohl in der Lage iſt, weite Fachausfüllungen mit gutem Erfolge herzuſtellen, deren Tragwirkung neben der Druckfeſtigkeit von Stein und Mörtel in erſter Linie auf der Haftkraft zwiſchen Mörtel und Steinen gegen Zugwirkung beruht, ohne daſs dabei Eiſeneinlagen mitwirkten.

Eine ähnliche Anordnung beträchtlicher Tragfähigkeit aus längs den Balken geſetzten gewöhnlichen Lochſteinen, bei denen die unmittelbare Lagerung der Steine auf die Träger ganz aufgegeben iſt, um die Steine unten bündig mit den Trägern ſetzen zu können, bei der alſo auch die Lagerung auf den Trägern nur auf dem Anbinden des Mörtels an die Steine beruht, zeigt Fig. 319. Die hier oben und

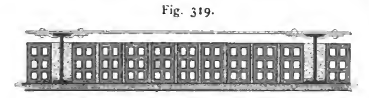
[252]) D. R.-G.-M. 31 574. — Erzeugt von: *E. Puſe* in Duisburg. — Siehe auch: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896. S. 456.

[253]) Siehe: Deutſche Bauz. 1895, S. 648

unten dargeftellten Bandeifen mit Haftklammern find nicht als Einlagen gedacht, fondern haben den Zweck, einen von der Platte etwa gegen die Träger ausgeübten Schub innerhalb des Feldes auszugleichen, ein Punkt, der in Art. 85 (S. 96) bereits befprochen und im nachftehenden noch näher erörtert werden foll.

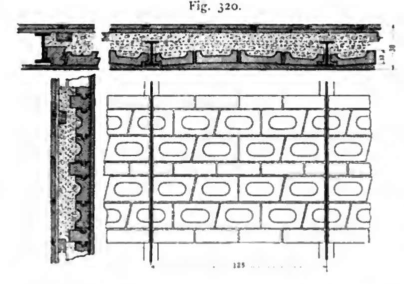
Trotzdem nun diefe Ausfetzung der Balkenfache mit gewöhnlichen Steinformen in gutem Mörtel fehr einfache und billige Decken liefert, hat man doch eine fehr grofse Zahl von verwickelteren Formen erdacht, zunächft in dem noch nicht überwundenen Gefuhle der Aengftlichkeit gegenüber dem planmäfsigen Ausnutzen des Anhaftens des Mörtels am Steine gegen Zugfpannung, dann vielfach in dem Beftreben, Decken auszubilden, deren Fache ohne Einrüftung auszufetzen find, und fchliefslich auch wohl in dem nur aus Gefchäftsrückfichten entftehenden Streben nach dem Befitze eines Patentes. Es ift nicht möglich, die Zahl der verfchiedenen Formen hier zu erfchöpfen; doch foll eine gröfsere Anzahl vorgeführt werden.

Fig. 319.



Hierher gehört zunächft die Ausfetzung der Trägerfache mit Doppelkeilziegeln nach *Schneider*, die in Fig. 320[254]) in zwei verfchiedenen Anordnungen dargeftellt ift. Möglichfte Leichtigkeit ift angeftrebt dadurch, dafs man die plattenartigen, nur etwa 10 cm dicken Ziegel von oben her topfartig aushöhlt. Die Stücke greifen mit fchräg gefchnittenem Falze oder mit Halbkreisnut und Feder allfeitig ineinander, wobei für das Auffetzen auf die Trägerflanfche entweder befondere Formftücke verwendet oder gewöhnliche Stücke ausgeklinkt werden. 165. Doppelkeilziegel von *Schneider*.

Fig. 320.



Der etwa angeordnete Pfeil wird fo flach gewählt, dafs die Konftruktion einem fcheitrechten Bogen nahe kommt und fomit unmittelbares Putzen der Decke auf der rauhen Steinunterfläche geftattet. Um aber die Tragfähigkeit zu erhöhen, werden in gewiffen Abftänden, in Fig. 320 nach je zwei Topfreihen, ftärkere Rippen aus hochkantig ftehenden vollen Stücken eingefetzt, welche mit den flachen Teilen auch durch Falzung oder Nut und Feder in Verbindung ftehen.

Das Gewicht der Ziegel beträgt für 1 qm etwa 200 kg; die Koften find 6,25 Mark.

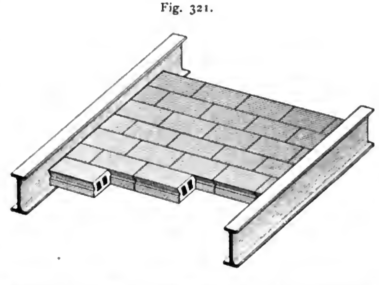
Die in Wien vorgefchriebene Belaftungsprobe der Wohnräume mit 400 kg für 1 qm hält die Decke ohne erkennbare Formänderung aus. Abgefehen von der wagrechten Verbindung der Schichten untereinander ift diefe Fachausfüllung einem fchwachen fcheitrechten Bogen aus Vollfteinen wohl nicht überlegen.

Das neuerdings meift verwendete Mittel der Verbindung der Steinreihen miteinander ift, wie bei den *Schneider*'fchen Platten, das Ineinanderfalzen der Längs-

[254]) Siehe *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 129. — Deutfche Bauz. 1889, S. 542.

feiten bei Verwendung von Hohlfteinen, fo dafs die Reihen gegenfeitig ineinander greifen oder durch eine den Spund bildende Mörtelleifte verbunden find. Viele der Vertreter diefes Gedankens wollen die Verfalzung zur Ausführung ohne Rüftung benutzen, indem fie immer die Stücke der folgenden Reihe mit dem Falz in die Nut der vorher gefchloffenen hängen; doch fcheint es bedenklich, den frifchen Mörtel fo zu beanfpruchen.

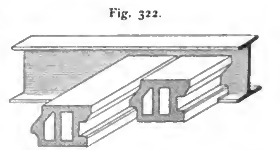
Fig. 321.



166. Maffivdecken von *Förfter*.

Bei der *Förfter*'fchen »Maffivdecke«[255]) erhält jeder Stein auf einer Langfeite eine dreieckige Rille, auf der anderen eine ebenfolche Nafe (Fig. 321). Die nebeneinander gereihten Schichten unterftützen fich alfo gegenfeitig, fo dafs jede ihre Laft auf die beiden Nachbarreihen und durch diefe weiter überträgt. Diefe Uebertragung ift jedoch für jede Schicht nach der Seite, an welcher die Nafe unten wagrecht aufliegt, wirkfamer als nach der anderen, an der nur eine Lagerung mittels der oberen fteilen Keilfläche eintritt.

Fig. 322.



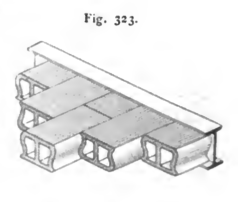
167. Mecklenburgifche Kunftziegel.

Bis auf die Gröfse der Steine und die Einzelausbildung ftimmen damit die hohlen Kunftziegel der grofsherzoglich mecklenburgifchen Kunftziegelei in Schwerin überein (Fig. 322[256]).

168. Omegafteine von *Heyer*.

Auf ganz gleichen Gefichtspunkten beruht auch die Fachausfetzung mit Omegaformfteinen nach *L. Heyer* (Fig. 323[257]); ein Unterfchied befteht nur infofern, als die Steinflanken nicht mit dreieckigen Nafen, fondern mit einer oben und unten entgegengefetzt gekrümmten, fonft gleichen Falzung verfehen find. Legt man bei zwei benachbarten Steinreihen wechfelweife diefelbe Seite nach oben und unten, fo paffen die aus zwei gleichen Hälften beftehenden Steine dicht fchliefsend fo ineinander, dafs keine Reihe nach unten herausfallen kann und dafs die Laftübertragung von jeder Reihe nach beiden Seiten gleichmäfsig erfolgt. Die Zufammenfetzung übertrifft alfo diejenige der *Förfter*'fchen Decke noch an Einfachheit. 28 der 10 cm hohen Steine decken 1 qm und wiegen 82 kg.

Fig. 323.



255) Preisgekrönt in Berlin 1896. — Bezug von *H. Forfter* in Langenweddingen. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 578. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news* 1898, Febr., S. 114. — HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 181.

256) D. R.-G.-M. 91523.

257) Erzeugt von: *L. Heyer*, Ziegelei in Bcksberg bei Sarftedt, Hannover. — D. R.-G.-M. 98902.

Fig. 324.

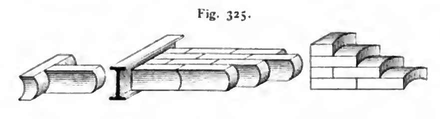
Oben und unten ſind die Steine mit eingeriſſenen Furchen verſehen, um ſicheres Haften des Putzmörtels zu gewährleiſten.

In Fig. 324 ſind zwei Konſtruktionen einer Zwiſchendecke mit Eiſenbalken aus Omegaſteinen angegeben. Bei 1 m Balkenteilung ſind Belaſtungsverſuche bis über 2000 kg für 1 qm getrieben, ohne daſs merkliche Zerſtörungen eingetreten wären.

169. Wölbſteine von *Eggert*.

Auch die Fachausfüllung aus *Eggert*'s Wölbſteinen (Fig. 325 [258]) erzielt denſelben Erfolg. Hier greifen ebenfalls ganz gleich geſtaltete Cylinderringſtücke dicht ſchlieſsend ineinander; ein Unterſchied beſteht nur darin, daſs Vollſteine verwendet ſind; doch würden ſich auch gleiche Hohlſteine ohne Schwierigkeit herſtellen laſſen.

Fig. 325.



170. Hohlſteine von *Blunck* u. a.

Bei dem von *G. H. Blunck* [259]) in Wiemersdorf eingeführten Hohlſteine mit zwei groſsen Oeffnungen greifen die Reihen mit ſtarker trapezförmiger Nut und Feder tief ineinander. Die Unterſeite der Steine hat über den Halbkreis hinaus vertiefte Rillen, welche das Anbinden des Mörtels ſichern. Die Steine ſind den in Fig. 322 dargeſtellten Stücken ſehr ähnlich.

Fig. 326.

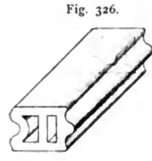
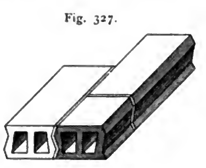
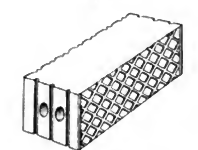


Fig. 327.



Der Stein von *Kaempffer* (Fig. 326 [260]) iſt ſo gefalzt, daſs wieder dieſelbe Seite in den verſchiedenen Schichten Ober- und Unterſeite ſein muſs. Fig. 327 zeigt den Stein von *Dreſſel* [261]) in Gera, der, ſtets in gleicher Lage verwendet, eine vergleichsweiſe kräftige Falzung giebt. Ebenſo gehören die Falzhohlſteine von *Ligocki* [262]) in Bromberg hierher, welche Abmeſſungen von 25 × 12,5 cm bei 9 und 12 cm Dicke aufweiſen.

Fig. 328.



171. Univerſalſteine.

Beiſpiele von Steinen, bei denen die Verbindung der Reihen auf einer Spundung durch den Mörtel beruht, zeigt zunächſt der »Univerſalſtein mit Mittelſteg« (Fig. 328 [263]), der im Lager und Kopfe genutet eine innige Verbindung mit dem Mörtel liefert; dann der Formſtein von *H. Froelich* in Berlin (Fig. 329 [264]), deſſen Flanken dreieckige Nuten enthalten und oben ſo abgeſchrägt ſind, daſs man die weiten Fugen bequem

[258]) Erzeugt von: *H. Eggert*, Bleckendorf bei Magdeburg.

[259]) Siehe: Baugwks.-Zeitg 1897, S. 1522. — Ueber viele ähnliche Hohlſteine ſiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 37 (1901), S. 113.

[260]) D. R.-G.-M. 105019. — Erzeugt von: *K. Webel* in Görlitz.

[261]) D. R.-G.-M. 105052

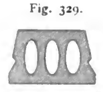
[262]) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1899, S. 562.

[263]) Erzeugt von: *Kumpf & Rethwiſch* in Stuttgart. — D. R.-G.-M.

[264]) D. R.-G.-M. 118544. — Siehe auch: Centralb'. d. Bauverw 1899, S. 524.

von oben mit Mörtel füllen kann, und daſs viel Zementmörtel in den Druckteil der Platte kommt.

Fig. 329.



172. Hohlſteine von *v. d. Borne.*

Beſonders ausgebildet iſt die Verfalzung bei den Hohlſteinen von Dr. *G. v. d. Borne*[265]) in Berneuchen (Fig. 330), indem hier nicht bloſs die Reihen untereinander mit rechteckiger, ſtarker Nut und Feder verbunden werden, ſondern auch die äuſserſten Stücke jeder Reihe unten eine Quernut zum Aufſchieben an den unteren Trägerflanſch haben. Dieſe Flanſchſtücke erhalten dadurch zwar eine verwickelte Geſtalt; indes wird einige Deckung der Träger gegen Feuer von unten erzielt.

Fig. 330.

173. Hohlſteine von *Thiemicke.*

Mit den vorgenannten ſtimmen auch die Deckenſteine von *Thiemicke* in Halberſtadt in allen weſentlichen Punkten überein (Fig. 331 u. 332). Die 10 cm dicken, 25 cm langen Steine werden porig gebrannt. Sie geſtatten unter ziemlich beträchtlicher Laſt die Eindeckung von 1,25 m breiten Balkenfachen ohne Schalung und Rüſtung, da die erſte Reihe nach Fig. 332 in die Wand greift, und die folgende, wie bei den früheren Decken, während des Verlegens durch die in die Nut der erſten Reihe greifende Feder getragen wird. Als Mörtel ſoll verlängerter Zementmörtel gebraucht werden.

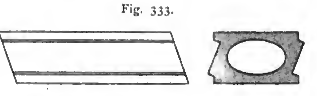
Fig. 331.

Fig. 332.

174. Decken von *Otte.*

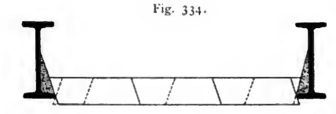
Eine beſonders durchgebildete Decke dieſer Art iſt diejenige von *Otte*[266]). Hier iſt jeder Stein an der Längsſeite auf irgend eine Weiſe, z. B. nach Fig. 333, ſo gefalzt, daſs er mit einem beliebigen Lager nach oben gelegt immer richtig in den Nachbar greift. Um nun einen gewiſſen Längsdruck in der entſtehenden Platte zu erzielen, ſind die Steine nicht rechtwinkelig, ſondern ſchräg abgeſchnitten, und dieſer Schräge entſprechend werden Lagerkörper in die Träger geputzt. Setzt man nun je zwei aufeinander folgende Reihen mit entgegengeſetzter Neigung der Endſchrägen und thunlichſt in Verband zwiſchen die Träger (Fig. 334), ſo ſtemmt ſich zwar nicht jede Reihe keilig zwiſchen die Putzleiſten; aber je ein Reihenpaar hat jederſeits die halbe Anlagefläche, was bei der ſicheren Verbindung der Reihen untereinander zu beiderſeits keiliger Lagerung führt, ohne

Fig. 333.



265) D. R.-G.-M. 82877. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

266) D. R.-P. angemeldet.


Fig. 334.

dafs befondere Formftücke nötig würden; es kommt nur ein auf der Strangpreffe herzuftellender Stein zur Verwendung; das an einem Ende jeder Reihe verbleibende Dreieck wird mit Mörtel gefchloffen.

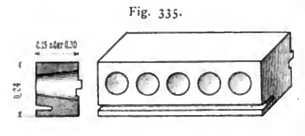
Fängt man mit dem Verfetzen jeder Reihe an der Seite an, an der die Schräge fatt auf der Putzleifte ruht, fo ruht jedes Stück nicht blofs mit dem Falz in der vorhergehenden Reihe, fondern auch mit einer Endfchräge auf dem Vorgänger derfelben Reihe, wodurch das Gefüge der Platte noch ficherer und das Verfetzen ohne Rüftung erleichtert wird.

Dafs man diefe Fachausfüllung leicht unter die Trägerflanfche vorragen laffen kann, zeigt Fig. 334.

175. Keilfteindecken von *Kapferer*.

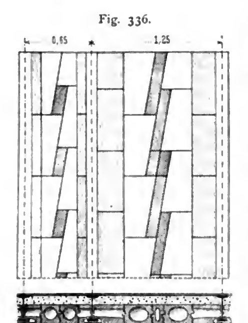
Die Keilfteindecke von *Kapferer*[267]) in Biebrich für Eifenbalken unterfcheidet fich von der in Art. 39 (S. 55) befprochenen ähnlichen Decke für Holzbalken dadurch, dafs hier zum Anfetzen an die Träger erft befondere rechteckige Hohlftücke von 15 cm oder 30 cm Breite benutzt werden, in denen die Hohlräume quer laufen, in deren unterem Boden ein dem halben Balkenflanfch entfprechender Schlitz vorgefehen ift, und welche am anderen Kopfe den Falzvorfprung und die Falznut tragen (Fig. 335), in welche die früher in Fig. 83 bis 87 (S. 54 u. 55) dargeftellten Keil- und Dübelftücke eingefchoben werden.

Fig. 335.



Auch hier können die verfchiedenften Fachweiten mit wenigen Arten verfchiedener Hohlftücke völlig dicht gefchloffen werden; auch ftöfst die Ausfüllung fchief geformter Balkenfache nicht auf wefentliche Schwierigkeiten. Fig. 336 zeigt zwei Beifpiele gerader Balkenfache.

Fig. 336.



Die Reihen an den Eifenbalken werden in Zementmörtel verfetzt, da diefer zugleich den beften Schutz für die Balken liefert; die übrigen Stücke können dann trocken, wie bei den Holzbalken, oder auch unter Verwendung von Mörtel eingefetzt werden.

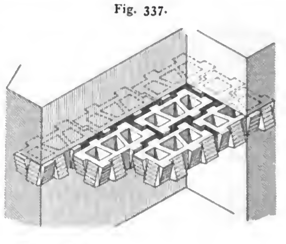
Die Balkenunterflächen bedürfen keiner befonderen Vorbereitung für das Putzen und find gegen Feuer gut gefchützt. Der Deckenputz kann unmittelbar unter die Hohlftücke oder in unter diefe genagelte Putzmatten eingebracht werden.

Die Abbildungen laffen ohne weiteres erkennen, dafs diefe Fachausfüllung bei einigem Gefchicke der Arbeiter und nicht zu grofser Breite der Balkenfache ohne ftützende Einrüftung eingebracht werden kann. Das Gewicht diefer Fachausfüllungen für Eifenbalken beträgt etwa 125 kg für 1 qm, der Preis 3,5 Mark für 1 qm.

267) Siehe: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 187; 1898, S. 46. — D. R.-P. 91360.

176. Balkenlose Hohlsteindecken. Eine Decke aus **Hohlformen ganz ohne Eisen- oder Holzbalken**, welche ein scheitrechtes Gewölbe über den ganzen Raum bildet, will das *Hanson's fire-proof syndicate, limited*, in London [268]) in der Weise herstellen, wie es in Fig. 337 dargestellt ist. Die an jeder Seite mit geriefelten Keilflächen entgegengesetzter Neigung, im Grundrisse trapezförmigen, topfartigen Vertiefungen, unten aber mit vollem Boden versehenen Stücke greifen so ineinander, dafs, wenn sie auf Schalung versetzt und mit Zement vergossen sind, keines für sich nach oben oder unten bewegt werden kann. Um gutes Vergiefsen zu sichern, nehmen die Keilflächenansätze nicht die ganze Seite ein, sondern lassen zwischen sich lotrechte Eingufsöffnungen für den Mörtel frei. Diese Konstruktion ist sinnreich; ob aber grofse Weiten für erhebliche Lasten so einzudecken sind, erscheint zweifelhaft; man wird auf eine plattenartige Wirkung rechnen müssen. Das Wandauflager wird durch Einmauern der letzten Reihen gebildet.

Fig. 337.



Ob schon erhebliche Ausführungen dieser Art vorliegen, ist nicht bekannt; jedenfalls dürfte der Gedanke durch Versuche zu prüfen sein. Ein sehr erhebliches Hindernis für die Verbreitung dieser eigenartigen Konstruktion, auch wenn sie sich statisch bewähren sollte, wird immer der hohe Preis der auf der Strangpresse nicht herstellbaren Stücke bleiben. Das allseitige und vollständige Ineinandergreifen aller Stücke ist mit einem gewöhnlichen, billigen Strangsteine auch in der *Otte*'schen Anordnung nach Fig. 333 erreicht.

β) Mit Einlagen.

177. Eintheilung. Die Decken dieser Art sind zum Teile aus der Absicht hervorgegangen, die Fachausfüllung ohne Einrüstung herzustellen, indem man quer zu den Balken kleine Eisen streckt, die als Träger der Steine beim Verlegen dienen, also jede Steinreihe für sich unterstützen, zum Teile aus dem Bestreben, die Zugseite der entstehenden Platte durch Eiseneinlagen zu verstärken. Bei vielen sind beide Zwecke in der Weise vereinigt, dafs die während des Verlegens als Träger wirkenden Eisen in der fertigen Decke ganz in Mörtel gehüllte Einlagen bilden.

Zunächst mögen Beispiele der **ersteren Gruppe** aufgeführt werden.

Fig. 338.

178. Belageisendecken. Eine im Brückenbau häufiger als im Hochbau verwendete Deckenanordnung ist die in Fig. 338 dargestellte aus Belageisen [269]) und Backstein-Flach- oder -Rollschichten [270]). Die auf die Träger gelegten Belageisen werden, um jede Lochung

[268]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 312 — D. R.-P. 97369.

[269]) Siehe: Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. A, Kap. 6) dieses »Handbuches«.

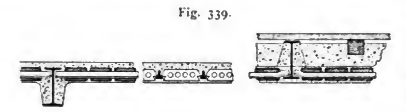
[270]) Eine derartige Decke mit Holzüberdeckung in Asphalt siehe in: Deutsche Bauz. 1883, S. 397.

der ersteren zu vermeiden, mittels kleiner Hakenschrauben in solchen Entfernungen voneinander befestigt, dass die Zwischenräume mit Backsteinen überdeckt werden können. Um die Ungleichförmigkeiten in der Lastverteilung auf die Träger infolge Durchlaufens der Belageisen zu vermeiden, mache man die Länge der letzteren gleich der Trägerteilung. Für gewöhnliche Verhältnisse genügt die Ueberdeckung durch die Länge flach gelegter Ziegel oder besser Hohlsteine; für schwerere Lasten muss man die Ziegel hochkantig stellen, und nur unter aussergewöhnlichen Verhältnissen sind die Belageisen auf Steinbreite zusammenzurücken, wobei dann die Deckung wieder mittels Flachschicht oder Rollschicht aus Zweiquartieren erfolgen kann. Diese Decke erhält zunächst noch eine Ueberfüllung aus Sand oder, zur Verhinderung des Durchrieselns, besser aus ganz magerem Mörtel oder Schlackenbeton, welche dann jede Art von Fussboden aufnehmen kann.

Die Ueberdeckung der Zwischenräume erfolgt jetzt statt mit Backsteinen zweckmässiger mittels Beton.

Eine ebene, geputzte Decke ist bei dieser Konstruktion wegen der Höhlungen der Belageisen nur mittels der später (in Kap. 6) zu erörternden besonderen Hilfsmittel herzustellen. Dagegen kann man die Träger bei nicht zu bedeutender Höhe in der Ueberdeckung verschwinden lassen, wenn man die Belageisen auf den unteren Trägerflansch legt.

Fig. 339.

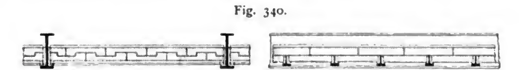


Für besser ausgestattete Räume ist diese Anordnung wegen der schwierigen, an sich unschönen Deckenausbildung nicht zu empfehlen.

179. Decken von *Czarnikow*.

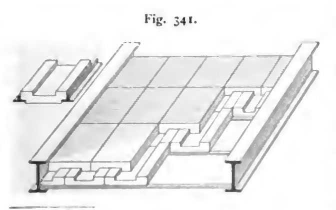
Die *Czarnikow*'sche Decke, nach Angabe von *Mossner*[271]) ausgebildet, zeigt gewöhnliche Lochsteine mit löcherigen Wandungen in Gesamtdicken von 8, 10 und

Fig. 340.



12cm (Fig. 339). Die Flanken der Steine sind gefalzt und abgeschrägt, so dass eine bequeme Lagerung auf den Unterflanschen von **I**-Balken in einer Höhenlage möglich wird, welche die Durchführung des Putzes unter den Balken ermöglicht.

Fig. 341.



180. Herkulesdecken.

Die »Herkulesdecke« (Fig. 340 u. 341[272]) wird aus Rinnensteinen auf kleinen **⊥**-Trägern zwischen den Balken hergestellt, auf die eine zweite Lage gleicher Rinnensteine umgekehrt aufgestülpt wird. Die Fachweite soll unter gewöhnlichen Verhältnissen bis 3,00 m gehen. Zu 1 qm der Decke gehören 24 Steine. Da die **⊥**-Eisen nur mit dem

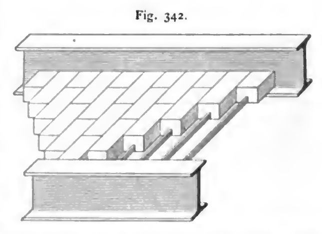
271) Siehe: Deutsche Bauz. 1896, S. 135.

272) Erzeugt von: *Häusler & Geppert*, Breslau. — *Gebr. Borchmann*, Berlin. — Scagliolfabrik *Schuckher & Co.*, Wien.

Stege in den Fugenmörtel greifen, fo wird auf ihre Wirkung als Zugglieder nicht in erheblichem Mafse zu rechnen fein.

Die der Decke eigentümlichen Rinnenfteine werden ein der Koftenerhöhung entfprechendes Ergebnis nicht liefern; denn verlegt man fie trocken, fo beruht die Tragfähigkeit der Decke lediglich auf derjenigen der Steine von **I**-Eifen zu **I**-Eifen; verlegt man fie in gutem Mörtel, fo beruht die Tragfähigkeit der Platte auf Anbinden desfelben an die Steine. Man wird alfo in beiden Fällen durch Verwendung von in Verband verlegten Flachfchichten, etwa aus befonders dünnen Steinen, nahezu dasfelbe erreichen. In geringem Mafse kommt das hakenartige Ineinandergreifen der Schichten der Tragkraft allerdings zu gute.

Fig. 342.



181. Univerfumdecke von *Beny*.

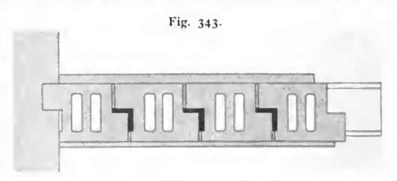
Die meiften Decken diefer Art legen die kleinen Eifenträger in die Fugen; die *Beny*'fche Decke, »Univerfum« (Fig. 342[273]), dagegen fpart mitten in der Unterfläche der Steine eine Rille aus, mittels deren die Steine auf zwifchen die Balken geftreckten Bandeifen reiten; die Rillen werden vorher mit Mörtel gefüllt. Die Belaftung ift bei 1,80 m Trägerteilung bis 5000 kg für 1 qm getrieben.

Rüftungen find zur Herftellung diefer Decke nicht nötig.

182. Decken von *Donath*

Bei der Hohlfteindecke von Donath[274]), aus Hohlformfteinen mit gefalzten Fugen (Fig. 343) und ¬-Eifen oder **I**-Eifen in den Falzen, wird das Eifen für die Tragwirkung weniger entfchieden ausgenutzt, da es der Dickenmitte nahe liegt.

Fig. 343.



Die Decke wird fo verlegt, dafs die Unterkanten der Fugeneifen auf die Trägerflanfche zu liegen kommen. Der Einrüftung bedarf diefe Decke für ihre Herftellung nicht.

Bei einem in Charlottenburg ausgeführten Belaftungsverfuche trug ein 1,50 m breites Balkenfach 7480 kg für 1 qm.

Donath[275]) benutzt ferner Falzhohlfteine, wie fie unter b, 4, α in grofser Zahl angegeben find, zum Einlegen von **S**-förmig gebogenen Blechen, indem er nach Fig. 344 den Falzen die diefer Blechform entfprechende Geftalt giebt.

Fig. 344.

183. Decken von *Mueller*.

Die Decke von *Mueller* (Fig. 345 bis 349[276]), welche in und bei Berlin vielfach Verwendung gefunden hat, fteht der in Fig. 343 dargeftellten fehr nahe. Der wefentlichfte Unterfchied befteht darin, dafs die Winkeleifeneinlagen, deren Stärke

---

273) Erzeugt von: *F. A. Beny*, Oppenheim a. Rhein. — Vereinigte Schwemmftein-Fabriken Engers a. Rh.

274) Siehe: Deutfche Bauz. 1898, S. 339. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitfchr. des Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 578. — Ueber viele ähnliche Hohlfteine fiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 37 (1901), S. 113.

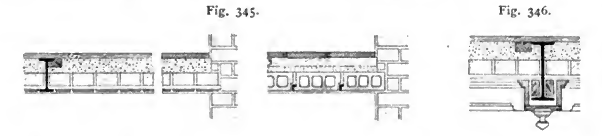
275) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 69

276) Erzeugt von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin

zwifchen 15 × 15 × 3 mm und 60 × 60 × 8 mm fchwankt, durch entfprechende Formung der Falze an den Flanken der Hohlfteine der Unterkante näher gerückt, fomit beffer als Zugglieder der Platte ausgenutzt werden. Für ftark belaftete Decken kommen auch Einlagen von ┗┓-Geftalt zur Verwendung (Fig. 347). Bei geringer Belaftung oder Traglänge werden die Eifen nur in jede zweite Fuge eingelegt.

Um die Eifen als Zugglieder wirkfam zu machen, wird auf zweckentfprechende Beftimmung und genaue Ausführung ihrer Höhenlage grofser Wert gelegt, damit fie

Fig. 345. Fig. 346.



zwar noch gut in Mörtel eingehüllt werden, aber zugleich möglichft weit unter die Plattenmitte zu liegen kommen. Nun follen diefe Einlagen aber zugleich die Ausführung ohne Einrüftung ermöglichen; fie müffen alfo fchon in ihrer richtigen Lage angebracht fein, bevor die in fie eingreifenden Steine verlegt find. Da die Einlagen der genau beftimmten Höhenlage wegen nicht ohne weiteres auf die Flanfchkanten gelegt werden können, fo werden entfprechend gelochte Bandeifenbügel auf die Träger gehängt (Fig. 349) oder im letzten Felde der Decke in einer Mauerfuge befeftigt. Die Lochung diefer Haken ift in mehreren Höhen vorgenommen, fo dafs man die Eifen in verfchiedenen Höhen anbringen kann.

Fig. 347.

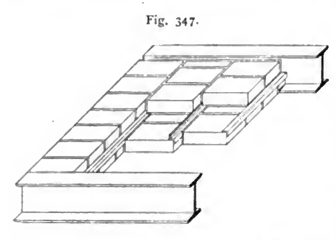
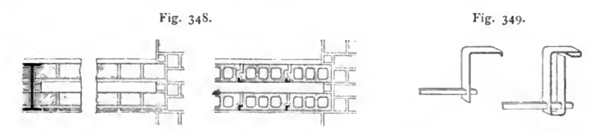


Fig. 345 zeigt die einfache *Mueller*'fche Fachausfüllung, Fig. 346 das Anbringen einer Dielenverfchalung der vorfpringenden Träger, Fig. 348 eine doppelte derartige Decke, Fig. 347 die Decke mit doppelter Flachfchicht und ┏- oder ┗┓-Einlagen, Fig. 349 die Einzelausbildung der Blechhaken für die Einlagen.

Fig. 348. Fig. 349.



Als zuläffige Belaftung einer Decke von 10 cm Stärke und 140 cm Balkenteilung bei Einlegung eines Winkeleifens von 15 × 15 × 3 mm in jede zweite Fuge werden 450 kg für 1 qm angegeben; diefer Wert fteigert fich bei einer 13 cm dicken Decke von 500 cm Balkenteilung mit Winkeleifen von 60 × 60 × 8 mm in jeder Fuge auf 750 kg für 1 qm und für eine 13 cm dicke Decke von 440 cm Balkenteilung und derfelben Eifeneinlage auf 1000 kg für 1 qm.

184. Decken von *Rapp* und von *Katz.*

Nach dem Patente *Rapp* [277]) werden aus Schwarzblech Nr. 14 kleine Fugenträger Ω-förmig 45 mm hoch und zwifchen den Rändern 38 mm breit zufammengebogen und in 26 cm Mittenabftand auf die Unterflanfche der I-Balken gelegt. Die Teilung entfpricht der Steinlänge, fo dafs nun Bahnen von Backfteinen flach oder hochkantig mit den Köpfen auf die abgebogenen Ränder gelegt werden können. Ueber den Backfteinen werden die Balkenfache mit Beton gefüllt.

In der unten [277]) angegebenen Quelle ift eine Feuerprobe einer derartigen, unten mit Drahtnetz unter den Trägern abgeputzten Decke befchrieben, bei der fich eine gute Widerftandsfähigkeit ergab.

Diefe Konftruktion ftimmt nahezu genau mit den Betondeckenträgern von *Katz* (Fig. 350 u. 351) überein; nur find diefe behufs Eintreibens von Hakennägeln zur Befeftigung des Deckenputzes von unten in die Trägerfuge (Fig. 352) fchärfer zufammengebogen.

Fig. 350.

Auch die Vollftein- oder Lochfteindecke von *Maucher* [278]) zeigt diefelbe Art der Unterftützung; nur find von Balken zu Balken kleine ⊥-Eifen gelegt, auf deren Flanfchen die Steine flach oder hochkantig, der Länge oder der Breite nach, mit Mörtel verlegt werden.

Sollen die ⊥-Eifen oder gar die Balkenunterflanfche von unten gedeckt werden, fo müffen die Steine an den auf die ⊥-Eifen zu lagernden Kanten entfprechend tief ausgeklinkt werden.

Fig. 351.

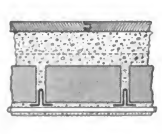
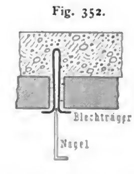


Fig. 352.

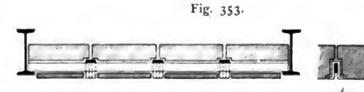


185. Decken von *Kreifel* und von *Demski*

Bei der Bauart *Kreifel* (Fig. 353 [279]) liegen Flacheifen zwifchen den Balken hochkantig in den Fugen, über welche die gebogenen kleinen Blechhaken zur Aufnahme der Steine gehängt werden.

Demski [280]) in Wien verfieht die Fachausfüllung aus Lochfteinen mit Eifeneinlage, indem er die Lochfteine fo voreinander reiht, dafs von Träger zu Träger reichende Röhren entftehen (Fig. 354). Sind mehrere Reihen verlegt, fo werden die etwa 1,5 mm dicken und 3 cm hohen

Fig. 353.



[277]) Erzeugt von: *Rapp Sheet Metal Works* in New York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 287.

[278]) Siehe: Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 456.

[279]) Siehe ebendaf., S. 4.

[280]) Siehe ebendaf., S. 222.

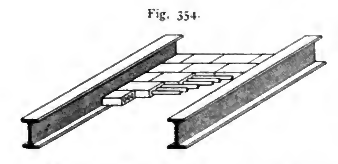


Fig. 354.

Eiſen mit einem Richtkamme an den Enden lotrecht geſtellt und in die Mitte der Hohlräume gerichtet. Hierauf wird das Ganze mit dünnem Zementmörtel 1 : 3 vergoſſen; zu dieſem Zwecke iſt die Schalung vorher mit immer wieder zu benutzender Dachpappe bedeckt.

Bei Verſuchen des Stadtbauamtes in Wien trug die Decke 3500 kg für 1 qm; auch wurde ſie von einem 72 kg ſchweren, aus 2,20 m Höhe fallenden Steine nicht durchgeſchlagen. Die Tragfähigkeit kann durch die Zahl der mit Eiſenband verſehenen Hohlräume geregelt werden. Die Koſten dieſer Fachausfüllung werden mit Deckenputz zu 5,1 Mark für 1 qm angegeben.

Die Zwiſchendecke »Germania« (Fig. 355[281]) zeigt eine durch das Fehlen der gewöhnlichen Balken eigenartige Zuſammenſetzung. 186. Germania-decken.

Die Balken werden durch dreieckig zuſammengebogene, unten umgefalzte Bleche erſetzt, die, in 25 bis 33 cm Teilung verlegt, weniger als ſelbſtändige Balken, denn als Zugglied in der ganzen Deckenplatte wirken ſollen. Der Innenraum des Dreieckes wird mit Zementmörtel ausgeputzt, der auf den Börtelrändern ſicher aufruht, die dünnen Bleche ausſteift, den Feuerſchutz für dieſe erhöht und das Putzen der Trägerunterflächen ermöglicht.

Fig. 355.

Zwiſchen die ſchrägen Flanken dieſer Dreiecke werden entſprechend keilig geſtaltete Hohlſteine aus Schlackenzement, Tuffmörtel oder gebranntem Thone mit Zementmörtel eingeſetzt. Auf der entſtehenden Platte können die gewöhnlichen Fuſsbodenarten ſämtlich hergeſtellt werden. Rillen in der Unterfläche der Hohlſteine und der Mörtel in den Fugen und Blechdreiecken ſichern das Anhaften des Deckenputzes.

Als Beiſpiele der zweiten Gruppe der hierher gehörenden Decken, bei denen die Einlagen in die Steinfugen weniger zur Ermöglichung der Eindeckung ohne Rüſtung als zur Bildung einer Zuggurtung dienen, ſind neben den in der erſten Gruppe bereits als nach dieſer Richtung wirkend bezeichneten die folgenden, im Weſen ihrer Wirkung übereinſtimmenden, doch aber meiſt patentierten Anordnungen aufzuführen.

Donath[282]) führt Hakenhohlſteine ein, bei denen ſich eine in jedem Steine halbkreisförmige Erweiterung der Längsfugen zum Einlegen je eines ſtarken Drahtes in jede Fuge nahe der Steinunterkante findet. Die Steine ſind auf der Strangpreſſe herzuſtellen. Bei ihnen iſt der Mangel der beiden Anordnungen nach Fig. 343 u. 344 vermieden, daſs nämlich die Eiſeneinlagen der Mitte der Dicke zu nahe rücken und daher trotz ihrer groſsen Stärke wenig wirken. Die tief unten liegenden und gut eingehüllten Drähte bilden nun wirkſame Zugglieder der Decke. Die Fachausfüllung wiegt 85 kg und koſtet 3,5 bis 4,5 Mark für 1 qm. 187. Hakenſteindecken von *Donath*.



Fig. 356.

Die *Kleine*'ſche Decke (Fig. 356[283]) gehört zu den meiſt verwendeten dieſer Art, weil ſie keinerlei 188. *Kleine*'ſche Decken.

[281]) Erzeugt von: *Carl Potſch* in Minden i. W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet. — Auslandspatente.

[282]) Falz- und Nutendecke. Deutſche Bauz. 1900, S. 544.

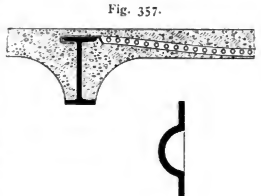
[283]) Erzeugt von: *J. F. Kleine & Stapf* in Berlin. — D. R.-P. 71 102. — Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360; 1895, S. 197; 1897, S. 38. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutſche Bauz. 1894, S. 238

befondere Einzelformen verlangt, fondern aus allen vollkantigen Steinen und Bandeifen, gewöhnlich von 2×25 mm Querfchnitt, herzuftellen ift.

Die Decke mufs zum Zwecke der Herftellung eingefchalt werden; dann werden hochkantig ftehende Steinreihen mit der Länge der Steine rechtwinkelig zu den Balken, je nach der verlangten Tragfähigkeit, mit Kalk-, Zement- oder gemifchtem Mörtel zwifchen die Balken unter Auflagerung auf die Unterflanfche eingefetzt, wobei je nach der verlangten Tragfähigkeit in jede, jede zweite oder jede dritte Fuge ein Bandeifen hochkantig, möglichft nahe der Fugenunterkante, in den Fugenmörtel fo eingedrückt wird, dafs noch vollftändige Umhüllung durch den Mörtel, auch unten, erzielt wird. Bei Verwendung befferer Mörtelarten kann die Schalung gleich nach Vollendung der Mauerung befeitigt werden. Der Putz haftet ohne weiteres an der Unterfläche.

Die Bandeifeneinlagen find neuerdings von *Stapff*[251]) nach Art der Wellblechfchienen mit Buckeln verfehen (fiehe Fig. 162 u. 163, S. 90 u. 91), um das Haften im Mörtel zu verbeffern; zugleich find fie gekrümmt und unter Verdrehung der Enden um die obere Trägerflanfche gehakt, wie die Einlagen der *Koenen*'fchen Voutenplatte (fiehe Fig. 267 u. 268, S. 137). Diefe Ausbildung ift in Fig. 357 für Betonumhüllung gezeichnet, kann aber ebenfo auch für Backfteinplatten verwendet werden.

Fig. 357.



Sollen auch die Träger unterputzt werden, fo bringe man die Schalung entfprechend tief unter den Trägern an und klinke die Lager der letzten Steine an den Trägern fo weit aus, dafs fie auf die Schalung zu ftehen kommen. Man erhält dann eine Rille unter den Tragern, in die man den Putzftreifen mittels der üblichen Mittel einbringen kann.

Ein Mangel diefer Konftruktion ift jedoch, dafs die Bandeifen, deren Enden auf den Trägerflanfchen bleiben müffen, in den Fugen der Oberkante näher rücken, fomit eine Abminderung der Aufnahme der Zugfpannungen entfteht. Diefer Mangel kann gehoben werden, wenn man die Bandeifen über die hohe Kante fo biegt, dafs fie mitten zwifchen den Balken der Unterkante wieder nahe rücken, wie z. B. in Fig. 357.

Diefe Decke ift fehr verbreitet und unter den gewöhnlichen Verkehrslaften öffentlicher Gebäude bis zu 5 m Weite ausgeführt, fo dafs z. B. 5 m breite Verbindungsgänge überhaupt keine Balken erhalten haben.

Selbft bei beträchtlichen Balkenteilungen befitzt die Decke eine Tragfahigkeit, die den gewöhnlichen Anforderungen fogar in Lagerhäufern reichlich gewachfen ift.

151. Wellenfchienendecken.

Eine Schwäche diefer Konftruktion liegt darin, dafs der einzelne Stein bis zum Abbinden des Mörtels dem Herausdrucken nach unten oder auch oben nur fehr geringen Widerftand entgegenfetzt, weshalb die Verwendung guter Mörtelarten auch hier anzuraten ift. Diefen Uebelftand fchwächt die in Art. 83 (S. 90) zu Fig. 162 u. 163 befchriebene Decke von *Sümmermann-Schürmann* ab, da die geringe zwifchen den »Gewölbeträger«-Wellenfchienen entwickelte Gewölbewirkung

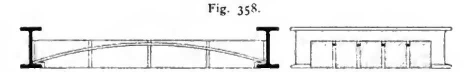
251) Erzeugt von: *A. Stapff* in Berlin. — D. R.-G.-M. 98737. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 52, 636.

das Herausdrücken einzelner Steine erfchwert. Hierin find die beiden Decken verfchieden; fertig wirken fie mit allen anderen Plattenformen mit Eifeneinlagen ganz gleichartig.

Die Patente find alfo nur auf verhältnismäfsig unbedeutende Nebeneigenfchaften begründet und haben daher zu zahlreichen Streitigkeiten geführt, die bezüglich der beiden hier nebeneinander geftellten Decken fchliefslich durch den Uebergang beider Patente in eine Hand gefchlichtet find, woraus fich auch die Verwendung der Wellenfchiene durch *Stapff* nach Fig. 357 erklärt. Welche Uebelftände die Erteilung fo vieler, im Wefen mit den fchon gleichartigen Patenten *Rabitz* und *Monier* und unter fich übereinftimmenden Patente nach fich zieht, wurde fchon in Art. 77 (S. 83) erörtert. Auch die im folgenden anzuführenden Beifpiele find wieder nur in Aeufserlichkeiten, nicht im Wefen von den vorftehenden verfchieden.

Die »Viktoriadecke« der Gefellfchaft »*Hanfa*« in Bremen[285]) befteht wie die vorhergehenden aus nebeneinander geftellten Steinreihen, hat aber Rundeifeneinlagen in Bogenform in den Mörtelfugen. Zweck ift, das Gewicht der Steine und die Laft 190. Viktoriadecken.

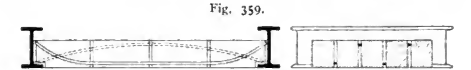
Fig. 358.



nicht blofs durch gerade Trägerformen wie bei den Decken von *Kleine* und *Schürmann*, fondern durch die kräftigere Wirkung des Bogens bei nach oben, und der Kette bei nach unten gekrümmten Rundeifen aufzunehmen.

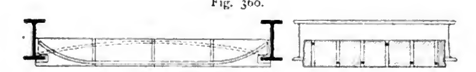
Die ältefte Form (Fig. 358) zeigt ausfchliefslich nach oben gekrümmte Einlagen. Diefe find, durch den Mörtel vor dem Ausknicken gefchützt, zwar im ftande,

Fig. 359.



eine erhebliche Bogenwirkung zu leiften, wenn die Balken den Schub aufnehmen können; es fällt aber fogleich auf, dafs hier derjenige Teil des Steinquerfchnittes durch Eifen verftärkt wird, der deffen am wenigften bedarf: der obere. Der Zug in den unteren Teilen, foweit die Eifenbogen folchen entftehen laffen, mufs allein vom Mauerwerke aufgenommen werden, und fo bilden bei diefer Form wefentlich

Fig. 360.



nur die Eifenbügel das Tragwerk; das Mauerwerk dient überwiegend blofs zur Ausfüllung.

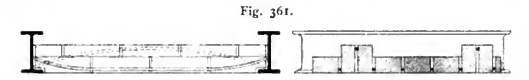
Um nun die hohe Druckfeftigkeit des Mauerwerkes wie bei den früher befchriebenen Decken zur Erhöhung der Tragwirkung heranzuziehen, ift bei einer zweiten Form der Viktoriadecke abwechfelnd je ein nach oben und ein nach unten gekrümmter Bügel eingelegt (Fig. 359). Erfterer behält die oben gefchilderte Wirkung; letzterer unterftützt das Mauerwerk bei der Aufnahme der Zugfpannungen. Da letztere Unterftützung die wichtigere ift, fo wird die Decke auch nach Fig. 360

---

285) Siehe: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 148. — D. R.-P. 81135 u. 82941. — Erzeugt von: *B. T. Wilckens* in Bremen.

mit je zwei nach unten und je einem nach oben gekrümmten Bügel gebildet. Die Konſtruktion in Fig. 361 trägt dem Umſtande Rechnung, daſs man die volle Leiſtung des Mauerwerkes auf Druck bei derartigen gemiſchten Bauweiſen nicht ausnutzen kann, ohne die Zugſpannungen zu hoch werden zu laſſen, wenn man der Decke überall gleiche Stärke giebt. Durch Anreihen von drei flachen Steinreihen an zwei

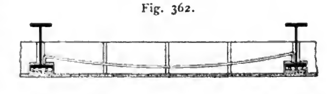
Fig. 361.



hochkantig ſtehende hat man das Mauerwerk überwiegend dahin gebracht, wo Zug aufzunehmen iſt und hier auch durch die überwiegenden Hängebügel noch beſonders verſtärkt, während die ſchmalen, nach oben vorſtehenden Rippen mit der einen Bogeneinlage als Druckgurtung gedacht ſind; die hier angenommene Spannungsverteilung wird aber nicht in vollem Maſse auftreten.

Nach Angaben der Geſellſchaft »Hanſa« über Verſuche mit dieſer und anderen Decken ſoll ſie den zum Vergleiche herangezogenen an Tragfähigkeit bei $1{,}00^{m}$ Fachbreite mit mehr als 6000^{kg} für 1^{qm} mindeſtens gleichſtehen, an Widerſtandsfähigkeit gegen Stöſse jene übertreffen. Während andere Decken von einem Schlage mit 25^{kg} und zweien mit 50^{kg} aus $3{,}60^{m}$ Höhe in der Regel durchgeſchlagen wurden, hielt eine Decke nach Fig. 358 dieſe Stöſse ohne weſentliche Verletzung aus. Eine ſolche nach Fig. 359 wurde mit gleichem Erfolge noch zwei Schlägen mit 100^{kg} aus derſelben Höhe ausgeſetzt. Dieſe beiden Decken trugen dann noch 2000^{kg} für 1^{qm} Laſt durch längere Zeit ohne merkbare Veränderung.

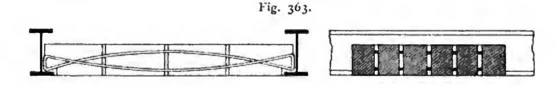
Fig. 362.



Um die Hängeeiſen an den Enden ſicherer in den Mörtel einzubetten, werden ihre Enden auch wohl lotrecht oder wagrecht abgebogen (Fig. 362).

Fig. 362 zeigt ferner, daſs es mittels der Hängebügel leicht iſt, die Steinunterkante unter die Trägerkante zu ſenken und ſo wirkſamen Feuerſchutz für

Fig. 363.



letztere zu erzielen, ohne dabei die günſtige Lage der Eiſen nahe der Unterkante in der Fachmitte aufgeben zu müſſen.

Schlieſslich zeigt Fig. 363 eine Ausbildung dieſer Decke, bei der für jede Fuge ein Bogen und ein Hängebügel aus einem Rundeiſen zuſammengebogen ſind, ſo daſs beide Wirkungen in jeder Fuge erzielt werden.

291. Decken von *Wilkens*

Eine Decke wieder weſentlich gleicher Wirkung und ähnlicher Konſtruktion giebt *C. B. T. Wilkens* in Bremen[286]) an. Er verwendet ſtatt der Rundeiſen, wie *Kleine* und *Schürmann*, Flacheiſen, krümmt dieſe aber zur Bogen- oder Kettenform, und ſetzt, wenn er ſie als Bogen verwendet, in den unteren Fugenteil ein gerades Bandeiſen als Zugband ein, das mittels durchlaufender Rundeiſen mit den Bogenenden verbunden iſt; Bogen und Zugeiſen liegen dabei entweder beide in jeder

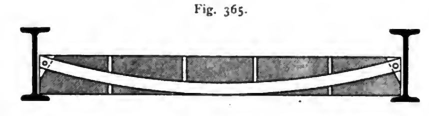
[286]) D. R.-G.-M. 80129. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

Fuge oder wechfeln in gröfseren Abftänden ab, wie in Fig. 364 fur Betondecken gezeigt ift. Für Backfteinausfüllungen ift hauptfächlich die in Fig. 365 dargeftellte Anordnung beftimmt, bei der die Bandeifen als Ketten wirken, welche ihren Zug mittels durch die Enden gefteckter, in Mörtel gebetteter Rundeifen auf die Backfteinausfüllung als Druckbaum übertragen. Auf beide Weifen entftehen fehr tragfähige Fugeneinlagen.

Fig. 364.

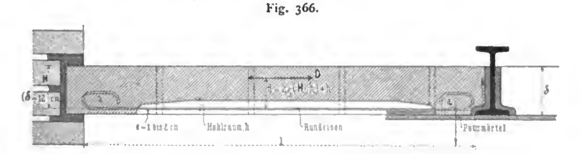
Alle diefe Konftruktionen find aus der mehr oder weniger entfchieden zu erkennenden Abficht hervorgegangen, durch das vollftändige Einbetten des Eifens in den Fugenmörtel aus Stein, Mörtel und Eifen gefchloffen wirkende Verbundkörper herzuftellen, deren Beftandteile Zug und Druck in jedem kürzeften Plattenteile durch gegenfeitige Beeinfluffung durch Scherfpannungen ausgleichen follen, wobei auf die chemifche oder mechanifche Verbindung des Eifens mit dem Mörtel gerechnet wird. Bei den mit hochkantig geftellten Bandeifeneinlagen ausgeftatteten Decken ergiebt fich dabei, dafs die Einlagen nicht reinen Längszug, fondern, der Biegung der ganzen Platte folgend, ein erhebliches Mafs von Biegungsfpannung aufzunehmen haben; bei den mit Rundeifen ausgeftatteten fällt diefe Biegung wegen des geringen Widerstandsmoments nicht in das Gewicht.

Fig. 365.



Um nun einerfeits von den fehr berechtigten Zweifeln an der chemifchen Verbindung der Teile und der Zuverläffigkeit des Haftens des Eifens im Mörtel frei zu werden, andererfeits die Beanfpruchung des Eifens ficher auf reinen Längszug zu befchränken, haben *Szarbinowski & Kaufmann*[287]) die in Fig. 366 bis 368 dar- 192. Decken von *Szarbinowski & Kaufmann.*

Fig. 366.



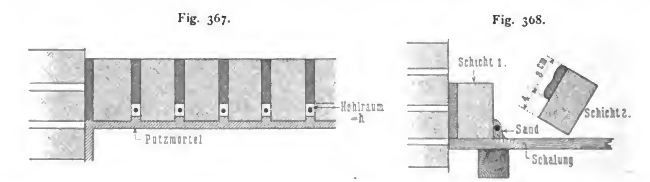
geftellte Deckenanordnung durchgebildet. Beim Vermauern der Steine wird durch Einlegen von Sandleiften in die unterften Fugenteile dafür geforgt, dafs diefe von Mörtel völlig frei bleiben (Fig. 368), nachdem vorher an den Enden öfenartig zugebogene Rundeifen in jede Fuge eingelegt find. Nur etwa in der Längen-

287) D. R.-G.-M. 91032. — Patenterteilung fteht zu erwarten

ausdehnung dieser Oefen werden die Fugen ganz bis unten mit Mörtel gefüllt (Fig. 366). Da nun der trockene Sand beim Ausrüsten herausfällt oder doch leicht zu beseitigen ist, so entstehen völlig selbständige Zugeisen in den Fugen, deren Kraftangriff unzweifelhaft bestimmt liegt, während der selbständige Steinkörper oben mit Sicherheit etwa in der Weise als auf Druck beansprucht in Rechnung gestellt werden kann, dass die Spannung von ihrem gröfsten Werte an der Oberkante bis Mörtelunterkante auf Null abnimmt. Für den Hebel der Mittelkraft der Druckspannungen im Mauerwerke ergiebt sich dann mit verhältnismäfsig grofser Sicherheit das Mafs $\frac{2H+h}{3}$ (Fig. 366).

Nun wäre man aber ohne besondere Vorkehrungen bezüglich der Uebertragung der Kraft vom Zugeisen auf das Mauerwerk doch wieder auf das unsichere Haften beider aneinander angewiesen; für diese Uebertragung sind die Oesen bestimmt, die

Fig. 367. Fig. 368.



einen Mörtelkern *a* (Fig. 366) von solcher Flächenausdehnung umschliefsen, dafs die Scherspannung dieser Fläche mittels des sicheren Anhaftens des Mörtels an den Steinen die Zugkraft des Eisens auf das Mauerwerk überträgt. So entsteht innerhalb der Plattendicke ein klar wirkendes Gewölbe mit Zugverankerung.

Bei der statischen Betrachtung mufs berücksichtigt werden, dafs der Angriff der wagrechten Kraft wegen der erforderlichen Gröfse der Schleife nicht in die lotrechte Stützungslinie am Träger oder an der Mauer fällt, und dafs hieraus ein besonderes Biegungsmoment erwächst, weil man den Stützpunkt des verankerten Plattenteiles da annehmen mufs, wo die wagrechte Kraft angreift, etwa in der Mitte der Schleifenfläche *a*; in Fig. 366 ist diese Wirkung auskragender Lagerung rechts durch Pfeile angedeutet. Es leuchtet ein, dafs man die Schleifen so kurz machen und so weit nach aufsen schieben mufs, wie irgend möglich, um diese ungünstige Lagerwirkung thunlichst zu beschränken.

c) Vergleich der Wirkung gewölbter und plattenartiger Fachausfüllungen.

193. Vergleich von Wölbung und Platte.

Wenn es auch durch Verwendung vorzüglicher Zemente und der Eiseneinlagen in neuerer Zeit gelungen ist, lediglich durch Biegungswiderstand wirkende Tragplatten hoher Tragfähigkeit herzustellen, welche die alte Anschauung, dafs Mauerwerks- und Mörtelkörper überhaupt keinen Zugspannungen ausgesetzt werden dürften, als eine nicht mehr zutreffende erscheinen lassen, so zeigen doch die vorstehenden Erörterungen, dafs auch diese neuen Konstruktionen immer noch nicht gestatten, solche Körper Zugspannungen gegenüber mit demselben Grade von Sorglosigkeit zu behandeln wie beim Auftreten von Druck, und dafs selbst die besten trotz der an-

geführten Mittel noch nicht Gleichheit der Leiftungsfähigkeit gegen Zug und gegen Druck fchaffen, die fich z. B. beim Eifen findet.

Von diefem Gefichtspunkte ausgehend, mufs man auch heute noch die Wölbung als der Platte überlegen bezeichnen, da fie bei richtiger Geftaltung alle Teile des ganzen Körpers der günftigeren Druckbeanfpruchung ausfetzt, indem der dem Schube entfprechende Längsdruck die aus auch hier faft immer wirkenden Biegungsmomenten erwachfende Zugfpannung überwiegt. Ein folcher Längsdruck ift geradezu als eine Entlaftung der Stein- und Mörtelkörper aufzufaffen, wie bei ihrer Berechnung fpäter noch erörtert werden wird.

Nun ift diefer günftig wirkende Längsdruck jedoch keineswegs an eine wirkliche Wölbung gebunden; durch entfprechende Lagerung oder Geftaltung kann man einen folchen auch bei wagrechten, alfo plattenartigen Körpern erzeugen, wie z. B. bei den in den Fig. 83 bis 87, 194, 333, 334 u. 335 dargeftellten.

Dafs man nun diefe für die Tragfähigkeit der Fachausfüllungen günftige »Einfpannung« nicht ftets zur Anwendung bringt, liegt lediglich daran, dafs man den Höhenverbrauch und die unebene Unterfläche der Wölbungen in vielen Fällen zu fcheuen hat, und dafs man diefe Einfpannung in allen Fällen eben nur durch die Gegenkraft eines Schubes gegen Balken oder Wände erzeugen kann. Dafs aber die Aufnahme eines folchen Schubes oft auf beträchtliche Schwierigkeiten ftöfst, wurde fchon in Art. 85 (S. 94) erörtert.

Als Ergebnis ift alfo feftzuftellen, dafs man ftets ftreben foll, die Fachausfüllungen neben den Biegungsmomenten auch einem Längsdrucke auszufetzen, dafs man hierzu aber in vielen Fällen nicht in der Lage ift, weil die unterftützenden Bauteile, Träger oder Wände, nicht die zur Aufnahme des entftehenden Schubes erforderliche Seitenfteifigkeit befitzen. Auch bei Platten kann man diefe »Einfpannung« ftets erzielen, wenn man die Ränder an den Trägern keilig begrenzt, entfprechende Keilleiften in die Träger putzt und die Balken in der in Art. 85 (S. 94) erörterten Weife mit Verankerungen verfieht. Letztere Mafsregel ift aber oft fo teuer, dafs die Mehrkoften der Verankerung denjenigen an den Fachausfüllungen erzielten Gewinn überwiegen. So wird man denn in fehr vielen Fällen auf die Vorteile der »Einfpannung«, d. h. der Erzeugung eines Längsdruckes, verzichten und fich mit der alleinigen Wirkung durch den Biegungswiderftand bei entfprechend ftärkerer Konftruktion der Platten begnügen müffen.

d) Verbundbalken.

In allerjüngfter Zeit wird nun auch der Vorfchlag gemacht, die Balken felbft nicht in Holz oder Eifen, fondern auch als Verbundbalken in Beton und Eifen mit eingebetteten Zuggliedern auszubilden. In gewiffem Sinne entfprechen fchon die Anordnungen von *Hennebique* (Fig. 277 bis 279, S. 141) diefem Gedanken; doch bilden hier Balken und Decke noch gemeinfam hergeftellte und untrennbar verbundene Körper. 194. Verbundbalken.

Unter anderen fchlägt *Buffo v. Buffe*[288]) vor, rechteckige Betonbalken ganz felbftftändig zu ftampfen, in deren Unterfeite gewöhnliche Gelenkketten aus Flacheifenftäben mit Augenköpfen und Bolzenverbindung eingebettet werden. Solche Balken können dann zu ebener Erde fertig gemacht und nach dem Abbinden wie

[288]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 71. — Oeft. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1901, S. 103.

Holzbalken verlegt werden. Zugleich kann man ihnen einen für das Einbringen und Lagern bequemen Querfchnitt geben; man kann ihre Höhe dem Wechfel der Biegungsmomente anpaffen, und fchliefslich kann man ihnen durch feitliche Einlagen eine grofse Widerftandsfähigkeit gegen feitliche Belaftung (etwa durch Kappenfchübe) geben.

Nach den bisherigen Erfahrungen mit den Verbundkörpern dürfte fich die Verfolgung diefes Gedankens in geeigneten Fällen wohl empfehlen.

---

5. Kapitel.

Balkendecken in Eifen.

195. Decken mit Wellblech. Der für ganz in Eifen konftruierte Balkendecken, d. h. für Decken, die eine ununterbrochene Eifenfläche in den Balkenfachen zeigen oder bei denen doch das Eifen allein alle Tragwirkungen übernimmt, am meiften verwendete Bauftoff ift das Wellblech, welches je nach der Form der Wellen in zwei Arten: flaches Wellblech und Trägerwellblech gefondert wird[289]). Die Wellen der erften Art beftehen aus flachen, mit gemeinfamer Berührender aneinander fchliefsenden Kreisbogen; diejenig der zweiten beftehen aus Halbkreifen, welche unmittelbar zufammenfchliefsen oder durch kurze lotrechte Stegftücke verbunden find. Die Abmeffungen und Widerftandsmomente der Wellbleche verfchiedener Werke werden in Kap. 9 mitgeteilt werden[290]).

Die tragenden Balken find gewöhnlich gewalzte I-Eifen, auf deren untere Flanfche die Bleche gelagert werden. Letztere kommen gerade oder gebogen (bombiert) zur Verwendung; die Biegung follen fie bei der Herftellung, nicht auf der Bauftelle erhalten, obwohl dadurch der Preis etwas erhöht wird. Ueberall, wo irgend welche Feuchtigkeit auf die Bleche wirken kann, follen verzinkte Bleche verwendet werden. In gefchützter Lage genügt es, wenn die Bleche nach der Abnahme im Werke gereinigt und mit Bleimennige geftrichen, nach dem Verlegen einmal mit Bleimennige und zweimal mit Oelfarbe nachgeftrichen werden.

196. Gebogene Wellbleche. Gebogene Wellbleche, als Bogen verwendet, geftatten in der Regel wegen der hier vorwiegenden Beanfpruchung des Bleches auf Druck die Verwendung leichterer Bleche; dagegen find die Träger, da Seitenfchübe auf fie ausgeübt werden, ftärker zu wählen.

Zur Ueberfüllung verwendet man mageren Mörtel, noch beffer Beton. Für hölzerne Fufsböden werden die Lagerhölzer in letzteren eingeftampft; Eftriche und Plattenbeläge können darauf ohne weiteres verlegt werden. Nach unten kann das Eifen fichtbar bleiben, oder man kann an die Eifenträger eine Deckenfchalung anhängen, welche man erforderlichenfalls auch zu putzen in der Lage ift.

In fehr gefchickter Weife wurden im Mufeum für Völkerkunde zu Berlin derart konftruierte Decken zur Ausführung gebracht.

---

289) Siehe auch Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 6) und Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 240 u. 241, S. 304 [2. Aufl.: Art. 237 u. 238, S. 277], fowie Art. 251, S. 314 [2. Aufl.: Art. 248, S. 288]) diefes »Handbuches«. — Eifenbahn, Bd. 24, S. 46.

290) Siehe auch über die Profile Nr. I bis VI der »Actien-Gefellfchaft für Verzinkerei und Eifenconftruction, vorm. *Jacob Hilgers*« in Rheinbrohl: Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 241, S. 305; 2. Aufl.: S. 279) diefes »Handbuches«.

Die 15m tiefen, durch ſchmiedeeiſerne Unterzüge auf gußeiſernen Säulen in der Mitte unterſtützten Decken der Ausſtellungſäle beſtehen aus gewölbtem und ſauber verzinktem, zwiſchen gewalzten Trägern geſpanntem Wellbleche, auf welches Beton aufgetragen iſt; letzterer iſt mit Mettlacher Thonflieſen belegt. Die verzinkten Bleche erhielten zum Schutze gegen Blindwerden, gleich nachdem ſie aus dem Metallbade gekommen waren, einen Ueberzug, der aus einer Miſchung von Damaralack und holländiſchem Standöle beſtand. Die unteren Flanſche der Walzträger ſind an den ſichtbaren Unterflächen mit gepreſsten Meſſingſtreifen geſchmückt; auch dieſe wurden mit Firnis überzogen, welcher ſie vor dem Oxydieren ſchützt und ihnen eine goldähnliche Färbung verleiht[201]).

Fig. 369.

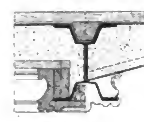


Fig. 369 u. 370 zeigen Decken aus Wellblechbogen. Beſonders zweckmäſsig iſt dieſe Anordnung zur Ueberdeckung langer ſchmaler Räume (Flurgänge u. dergl.). Man legt hier — bei zur Aufnahme des Schubes ungenügender Wandſtärke miteinander verankerte — ſchwache L- oder [-Eiſen in die Wand, welche den Druck des Bogens unmittelbar an die Mauern abgeben und bei Verankerung die Schübe zwiſchen den Ankern aufzunehmen haben; man wähle daher im letzteren Falle Eiſen mit groſser Seitenſteifigkeit, etwa flach gelegte ⊔-Eiſen oder ungleichſchenkelige ⅃-Eiſen.

Von beſonderer Wichtigkeit iſt die Kämpferanordnung der Blechbogen. Der Einfachheit wegen hat man das Blechende ſtumpf gegen die Fläche von erhärtetem fettem Zementbeton (*b* in Fig. 370) oder auch ohne weitere Vorſichtsmaſsregeln unmittelbar gegen das Eiſen der Träger (Fig. 369 rechts) geſetzt. Der ſcharfe Blechrand friſst ſich dann aber leicht ein, und es iſt daher beſſer, die Kämpferfläche erſt mit ſchwachem Bleche zu belegen oder, wie bei *a* in Fig. 370, ein Kämpfer-L-Eiſen am Bleche zu befeſtigen. Die Verankerung, welche hier wegen des meiſt geringen Gegenſchubes der unbelaſteten Oeffnung gewöhnlich in allen Fachen anzubringen und in je zwei Nachbarfachen behufs Anbringens der Muttern an jedem Träger um ein Geringes wagrecht zu verſetzen iſt (Fig. 370), liegt hier, wie bei Wölbungen, am geſchützteſten über dem Bogenſcheitel, kann jedoch auch unter das Blech gelegt werden, wenn dieſes hinreichend hoch in den Trägern ruht. In den Wänden erhalten die Anker die gewöhnlichen Splinte oder Druckplatten.

Fig. 370.

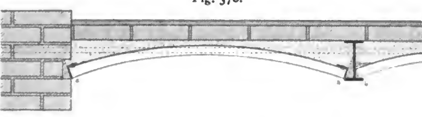


Fig. 371.

Eine einfachere und wirkſame Verankerung iſt auch hier durch über, bezw. unter die Träger gelegte Flacheiſen mit Klammern nach Fig. 174 u. 175 (S. 96) oder auch, bei ebener Deckenausbildung, durch nach Fig. 255 (S. 131) angebrachte *Monier*-Platten zu erzielen.

Wellblech, insbeſondere Trägerwellblech, wird zu Decken auch noch in der Weiſe verwendet, daſs man die tragenden Walzbalken wegläſst und nur bei gröſseren Spannweiten einen Unterzug anordnet. 197. Gerade Wellblechdecken.

Eine gerade Wellblechdecke aus Trägerwellblech von groſser Weite, daher mit eiſernem Unterzuge, unten geputzt, iſt in Fig. 372 dargeſtellt, welche zeigt, wie

[201]) Siehe: Zeitſchr. f. Bauw. 1887, S. 48.

gering die durch ſolche Decken eingenommene Höhe iſt. Das Blech iſt behufs ganz gleichmäſsiger Auflagerung am Ende in ein Winkeleiſen, etwa mit jeder dritten Welle, eingeſtiftet, welches auf, bezw. in der Wand ruht.

An den Wänden, welche mit den Wellen gleiche Richtung haben, iſt die letzte abgebogene Welle in eine Fuge der Wand geſteckt, um Dichtung zu erzielen. Auf dem Unterzuge ſind die unbefeſtigten Tafeln etwa 8cm übereinander gelegt und in den Bergen durch kleine Stifte verbunden. Zur Aufnahme des hölzernen Fuſsbodens ſind Lagerleiſten in Abſtänden von etwa 75cm in die Wellen eingepaſst [292]); der Zwiſchenraum zwiſchen Fuſsboden und Blech iſt mit Füllſtoff ſo geſchloſſen, daſs die Bretter thunlichſt ganz voll aufruhen. Behufs Anbringens der Deckenſchalung für den Putz ſind auch von unten

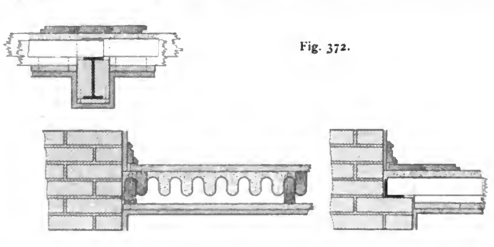


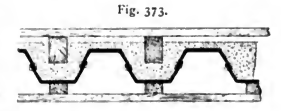
Fig. 372.

Leiſten eingepaſst und mit ſchwachen Bolzen an den Wellenbergen befeſtigt; auch der Unterzug iſt rings in Holzleiſten gehüllt, um ihn putzen zu können. Oben iſt die Fuge zwiſchen Fuſsboden und Wandputz durch eine auf Dübel in der Wand geſchraubte Stoſsleiſte wie gewöhnlich gedeckt. Die Füllung erhält auch hier zweckmäſsig durch Beimengen eines ſchwachen Mörtelzuſatzes ſo viel Zuſammenhalt, daſs ein Schub gegen die Wellenwände vermieden wird. Der Hohlraum zwiſchen Deckenſchalung und Blech trägt zugleich zur Dichtigkeit und Feuerbeſtändigkeit der Decke bei, kann jedoch nötigenfalls unbedenklich noch mehr eingeſchränkt werden, als dies in Fig. 372 dargeſtellt iſt.

198. Decken aus *Lindſay*-Trögen.

Die Decke aus *Lindſay*-Trögen (Fig. 373 [293]) iſt der geraden Wellblechdecke in jeder Beziehung nahe verwandt. Die einzelnen Tröge werden als Platten mit verſtärktem Mittelteile gewalzt, dann rund oder kantig in die Trogform gebogen und nach Fig. 374 vernietet. Bei runden Trögen entſteht ſo eine Wellendecke mit Verſtärkungen in den Wellenſcheiteln. Der weſentlichſte Unterſchied gegenüber der Wellblechdecke iſt die beträchtlich gröſsere Tragfähigkeit, welche ſelbſt unter ſchweren Laſten bei Verwendung der ſtärkſten Querſchnitte dieſer Art die Anordnung von Spannweiten bis zu 12 m ohne zwiſchengelegte Unterzüge geſtattet.

Fig. 373.



Die Troghöhlungen werden mit Schlackenbeton ausgeſtampft, in welchen man die Lager für hölzerne Fuſsböden einſtampft. Den Uebelſtand, daſs man für die Befeſtigung des Deckenputzes irgend welcher Art die Trogböden anbohren muſs, hat dieſe Decke mit der Wellblechdecke gemein.

Fig. 374.

Eine gute Eigenſchaft der Wellblech- und der Trogdecke iſt die gleichförmige Verteilung der Laſt auf die ganze Länge der ſtützenden Mauern, welche die Schwierigkeiten der Auflageranordnung der nur an einzelnen Punkten Laſten abgebenden Balken und Träger beſeitigt.

292) Siehe: Gerade Wellblechdecke mit Holzbelag in Aſphalt. Deutſche Bauz. 1883, S. 397.

293) Siehe: *Engineer*, Bd 64 (1887), S 289. — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — Centralbl. d. Bauverw 1887, S. 389

Die Abmeffungen der *Lindfay*-Tröge ergeben fich mit Bezug auf Fig. 374 aus nachftehender Zufammenftellung:

Nr.	*h*	*a*	*b*	*G* für 1 qm Grundfläche	*W* für zwei vernietete Querfchnitte	Nr.	*h*	*a*	*b*	*G* für 1 qm Grundfläche	*W* für zwei vernietete Querfchnitte
D 1	305	229	584	234	1640	*B* 8	152	127	406	122	265
D 2	305	229	584	171	1535	*B* 9	152	127	406	107	235
D 3	305	229	584	136	1175	*B* 10	152	127	406	97	200
C 4	178	152	508	166	563	*A* 11	127	115	356	94	152
C 5	178	152	508	133	480	*A* 12	127	115	356	78	126
C 6	178	152	508	112	365	*O* 13	102	102	203	75,5	101
C 7	178	152	508	102	323	*O* 14	102	102	203	63	89
						O 15	102	102	203	53,5	70
	Millim.			Kilogr.	bezogen auf Centim.		Millim.			Kilogr.	bezogen auf Centim.

Aufser den eckigen Trögen in Fig. 373 u. 374 werden auch Halbwellen hergeftellt [294]), welche, ebenfo wie die Tröge vernietet, einen Wellenquerfchnitt mit verftärkten Scheiteln, ähnlich den Trägerwellenblechen, liefern.

Der Wellblechdecke verwandt ift die Decke von *Bailey* (Fig. 375 [295]). Diefe befteht aus einer zu Trapezzähnen zufammengebogenen Unterlage aus Eifenblech von $0,_{36}$ mm Dicke. Die Ueberfullung wird aus 1 Teil natürlichem Zement (Rofendale), 2 Teilen Sand und 4 Teilen Schlacke gemifcht. Unter die Decke wird ein Kalkmörtelputz mit Zufatz von Haaren oder Asbeft gebracht, welcher infolge Eindringens in die Trapeznuten mit zahlreichen Schwalbenfchwanzleiften feft unter der Decke haftet und die Balken mit Hülfe eingelegter Drahtnetzftreifen unterdeckt. 199. Blechdecken von *Bailey*.

Fig. 375.

Bei einer Feuererprobung durch die ftädtifche Baubehörde von New-York unter 730 kg für 1 qm Belaftung mit folgender Abfchreckung, welche ganz fo ausgeführt wurde, wie es in Art. 146 (S. 146) zu Fig. 288 befchrieben ift, blieb die Decke unverfehrt; erft der Wafferftrahl fchwemmte den Putz teilweife ab. Die Durchbiegung betrug bei 487 cm Lichtweite in heifsem Zuftande etwa 70 mm, nach Abkühlung noch etwa 50 mm. Die Decke erwies fich nach der Probe als wafferdicht.

Weiter haben die »Buckeye-Trogdecke« [296]) und die Decke von *Homan & Rodgers* [297]), welche einander faft vollftändig gleichen (Fig. 376), Aehnlichkeit mit Wellblechdecken. Auf die Unterflanfche der Balken werden dreieckige Trogträger geftellt, welche nach der erft angeführten Quelle aus Blech gebogen, nach der letzteren auch aus Thon geprefst und gebrannt find; in beiden Fällen ift auch Gufseifen in Anwendung. In die Vertiefungen der Decke wird Beton geftampft, der 200. Decken von *Buckeye* und von *Homan & Rodgers*.

[294]) Vergl.: *Engineering*, Bd. 44 (1887), S. 209.

[295]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

[296]) Erzeugt von: *Youngftown Iron & Steel Roofing Co.* in Youngftown, Ohio. — Siehe auch: *Engineering news* 1896 — II, S. 18.

[297]) Erzeugt von: *Homan & Rodgers* in London. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1895, S. 284.

oben über den Trägern gefchlichtet wird. Je tiefer die Tröge in die Betonfüllung einfchneiden, defto gröfser wird ihre Tragfahigkeit und defto geringer gleichzeitig das Deckengewicht.

201. Decken mit Tonnenblechen.

Selten im Hochbau[298]), jedoch fehr häufig im Brückenbau ift die Decke aus Tonnenblechen (Fig. 377) auf eifernen Trägern, für welche hier kurz die wichtigften Gefichtspunkte angegeben werden follen. Die Bleche werden bis zu 4 qm Gröfse bei den verfchiedenften Längen- und Breitenverhältniffen und gewöhnlich 4 bis 10 mm Stärke mit $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ Pfeil, und zwar meift nach unten gebogen, verwendet. Befonders wichtig ift hier wieder die Lagerung auf den Trägern. Diefe wird meift mittels umgebogenen Randes der Tafel nach *a* in Fig. 377 ausgeführt, wobei aber das Umbiegen des Randes unbeqeum und die Lochung der Träger unvorteilhaft ift; befonders mufs man fich vor Befeftigungen, wie in Fig. 378 hüten, weil dabei der

Fig. 376.

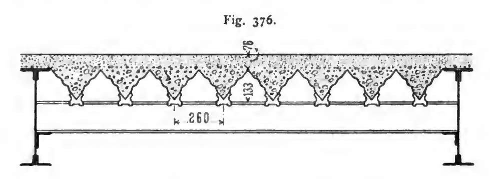
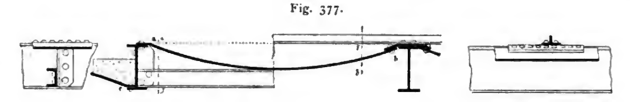


Fig. 377.



Zug der Platten die L-Eifen von der Trägerwand abbiegt; in folchen Fällen müffen die L-Eifen erft durch eine durchgehende Kopfplatte verbunden werden, wie fie bei *b* in Fig. 377 dargeftellt ift. Sie vermeidet das Umbiegen der Plattenränder und braucht nicht mit den Trägern vernietet zu fein, befeitigt fomit die Schwächung gewalzter Träger, wie fie bei *a* in Fig. 377 eintrat. Die Stärke der Kopfplatte wähle man etwas gröfser, als die der Bleche. Befondere Sorgfalt verlangt auch die Nietung der fchwachen Bleche; fie mufs zur Vermeidung zu grofser Lochlaibungspreffungen in enger Teilung, mit Nieten von 10 bis 15 mm Durchmeffer, erfolgen. Da die unbelaftete Oeffnung hier nur einen fehr geringen Gegenzug zur Entlaftung der Träger vom Zuge der belafteten liefert, fo müffen zahlreiche Steifen zwifchen die Träger eingefetzt werden. Am unmittelbarften erfolgt die Aufhebung der Züge durch Aufnieten der Steifen auf die Kopfplatte mit unten verfenkten Nieten (*b* in Fig. 377); kann man diefe Steifen jedoch der Fufsbodenkonftruktion wegen nicht anbringen, fo müffen fie (*a* in Fig. 377) unter die Bleche gefetzt werden, können auch aus T-Eifen gebildet, gekrümmt unter die Bleche genietet und dann zur Verlafchung der Plattenftöfse benutzt werden.

Fig. 378.

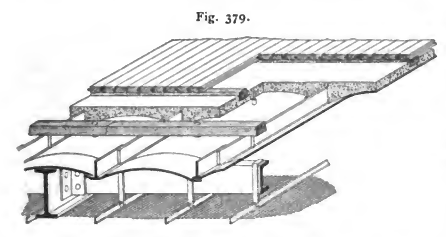
[298]) Siehe: Decke des Güterbahnhofes St. Pancras der Midland-Eifenbahn, London. Organ f. d. Fortfchr. d. Eifenbahnw. 1888, S. 92, 157.

Werden die Bleche mit Beton überdeckt, ſo niete man kleine L-Eiſen mit aufrecht ſtehendem, in den Beton greifendem Schenkel auf den Plattenrand; die Druckfeſtigkeit der zwiſchen dieſen Winkelſchenkeln gefaſsten Betonplatte hebt den Zug der Tonnenbleche in jedem Balkenfache für jede Belaſtungsart unmittelbar auf, ſo daſs für die Träger bei allen möglichen Belaſtungen nur lotrechte Kräfte aufzunehmen bleiben und beſondere eiſerne Abſteifungen überflüſſig werden.

Die Wölbung der Bleche nach oben zu legen (*c* in Fig. 377), iſt zwar für die Auflagerung auf die Träger günſtig, in welcher man ſo die Nietung ganz entbehren kann, wenn der Rand gut am Stege anliegt; da aber die leicht verbiegbaren Bleche in dieſer Lage namentlich der zum Scheitel unſymmetriſchen Belaſtung nur ſchlecht widerſtehen, ſo müſſen ſie jedenfalls durch Betonüberbettung verſteift ſein. Dieſe ſteife Ueberbettung kann dann, wie bei den Wellblechbogen, zur Verſchwächung der Trägerverankerung ausgenutzt werden.

Eine Ausführungsform einer Tonnenblechdecke mit nach oben gewölbten Blechen führt *Theo Kandeler* in Chicago unter dem Namen »Chicagodecke«[299]) ein, eine Konſtruktion, in welcher magerer Beton in dünner Lage nur zur Erzielung von Feuerſicherheit verwendet wird (Fig. 379). Die Blechdecke wird an den miteinander unmittelbar vernieteten Rändern der Tonnenbleche durch hochkantſtehende Bandeiſen verſtärkt. Dieſe Decke wird in Abſchnitten von 3 m Länge und 1,50 m Breite fertig genietet angeliefert und loſe auf den Roſt von Unterzügen und Trägern gelagert. In das Bett von Magerbeton werden die ſchwalbenſchwanzförmigen, auf die Flacheiſenrippen gebolzten Lagerhölzer eingebettet.

Fig. 379.



Da die Betondecke nur dünn iſt, wird das ganze Gefüge bei geringem Gewichte ſehr tragfähig. Der Feuerſchutz von unten wird durch eine ſelbſtändig untergehängte Decke hergeſtellt. Wird der eingeſchloſſene Raum gut gelüftet, ſo kann beträchtliche Widerſtandsfähigkeit gegen Feuer erzielt werden.

Zum Schutze gegen Roſten werden die Tonnenbleche meiſt verzinkt, mindeſtens gut angeſtrichen und auſserdem gewöhnlich mit einer dünnen Lage von weichem Aſphalt überzogen. Die Ueberdeckung erfolgt allgemein am beſten mit magerem Mörtel oder Beton, in oder auf welchem dann jeder Fuſsbodenbelag befeſtigt werden kann. Deckenſchalung iſt nur mittels Anhängens an die Träger möglich.

Kann Feuchtigkeit in die Decken dringen, ſo muſs für Entwäſſerungslöcher in den Scheiteln hängender oder in den Rändern ſtehender Platten geſorgt werden; ein Mangel der nach oben gewölbten Platten iſt das Zuſammenführen des Waſſers nach den Trägern.

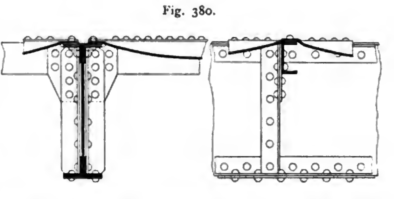
Noch ſeltener ſind im Hochbau die Buckelplattendecken (Fig. 380) aus *Mallet*ſchen Platten. Ihre Form iſt die eines nach der Mitte zu allmählich in eine Kugel- 202. Decken mit Buckelplatten.

[299]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.

kappe übergehenden Klostergewölbes. Die gebräuchlichen Einzelabmessungen werden in Kap. 9 mitgeteilt werden.

Die Buckelplatten werden stets mit wagrecht abgebogenem Rande versehen und müssen auf allen vier Seiten voll aufliegen und vernietet werden. Sie bedürfen daher eines Rostes von Trägern, dessen Maschen ihrer Grundform genau entsprechen. In Fig. 380 ist ein weit gespannter Hauptträger dargestellt, an welchen kleine Querträger aus C-Eisen anschliessen. Durch diese Rostanordnung erfolgt zugleich die Aussteifung der Träger gegen die wagrechten Züge der Platten in wirksamster Weise.

Fig. 380.



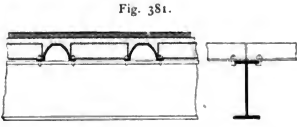
Diese Platten widerstehen nach oben oder unten gewölbt etwa gleich gut; die nach oben gewölbt verlegten schränken die Masse der Ueberfüllung ein, haben aber in feuchter Lage wieder den Mangel, dass sie das Wasser nach den Trägern führen. Die nach unten gewölbten erhalten im Scheitel je ein Entwässerungsloch mit eingeschraubtem Röhrchen, an welchem auch etwa entstehendes Schwitzwasser abtropft. Unter diese Abzugsröhrchen ist ein Netz von Sammelrinnen mit Abfallrohren zu legen. Selbstverständlich sind diese Entwässerungsanlagen nur bei freier Lage der Decke oder sonstigem erheblichem Wasserandrange erforderlich. Auch diese Platten werden am besten verzinkt, wenigstens gut angestrichen und zweckmässig oben mit Asphalt überzogen, damit die Randfugen gedeckt werden. Ueber Fussboden- und Deckenanordnung gilt das von den Tonnenblechen Gesagte.

Diese Art der Deckenanordnung kommt jedenfalls nur in den am schwersten belasteten Gebäuden, etwa grossen Lagerspeichern, vor.

203. Fachausfüllung mit Belageisen.

Sollen die Balkenfache mit Belageisen ausgefüllt werden (Fig. 381), so werden letztere zweckmässig auf allen Trägern gestossen, damit aus der Kontinuität nicht Ueberlastungen einzelner Träger entstehen. Will man jedoch die Vorteile der Kontinuität für die Belageisen ausnutzen, so muss man die Träger den vergrösserten Auflagerdrücken des kontinuierlichen Belageisens entsprechend bemessen. In der Regel ist es also nur nötig, das Gewicht der Ueberfüllung genau zu ermitteln und nach diesem, sowie der Nutzlast die Belageisen als Träger auf zwei Stützen zu berechnen.

Fig. 381.



Für die Zwecke des Hochbaues wird es in fast allen Fällen genügen, zur Deckung der Zwischenräume zwischen den Belageisen quer oder höchstens lang gelegte Flachziegel zu verwenden. Sicherer ist die Ausfüllung mit Beton, wobei man jedoch zum Einbringen kleiner Schalungen zwischen den Belageisen bedarf.

204. Decken von *Pease*.

Die Decke von *Pease* in Stockton-on-Tees für Räume mit feuergefährlichen Betrieben wird sowohl mit Holzbalken und eiserner Fachausfüllung (siehe Art. 76, S. 83), als auch ganz in Eisen ausgeführt.

Bei Decken bis zu 30 cm Dicke befteht das Tragwerk aus Blechtrögen, die etwa drei Viertel des vollen Cylinders bilden und mit den Rändern eingefchobene Schwalbenfchwanzbohlen tragen (Fig. 382 links), die zur Befeftigung des Fufsbodens dienen. Bei gröfserer Stärke werden Bohlenbalken verwendet, zwifchen deren untere Teile flache Blechtröge mit den aufgebogenen Rändern als Fachausfüllungen eingebolzt werden (Fig. 382 rechts). Die runden Tröge find noch durch zwifchengefetzte Pafsbohlen abgefteift, mittels deren zugleich ein abgefchloffener Hohlraum zur Aufnahme von Dampf zwifchen den Trögen entfteht. Im Falle einer Feuersbrunft wird das ftets in den Trögen bis zu beftimmter Höhe gehaltene Waffer in Dampf verwandelt, währenddem aber durch die in Kap. 7 zu befchreibende Einrichtung felbftthätig neues Waffer eingelaffen, fo dafs erft der Dampf, fpäter frifches Waffer die Ausbreitung des Feuers durch die Decke verhindert.

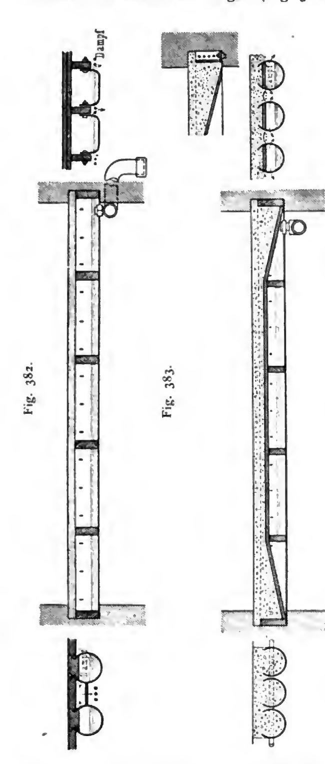


Fig. 382.

Fig. 383.

In den Konftruktionen nach Fig. 383 ift das Holz vermieden und durch Beton erfetzt. Bei fehr geringer Gefamtdicke bis zu 23 cm werden die runden Blechtröge dicht aneinander gereiht und mit Beton ausgeftampft (Fig. 383 links). Alle Tröge find quer von gelochten Wafferrohren durchzogen, denen bei Feuersbrunft im Raume mittels der in Kap. 7 zu befchreibenden Einrichtung fofort frifches Waffer zugeführt wird. Diefes kühlt die Decke.

Bei gröfserer Deckenftärke wird die Konftruktion in Fig. 383 rechts gewählt. Die Tröge find oben mit dunnen Brettern, die Zwifchenräume mit Streifen gebogenen Bleches gefchloffen; auf diefen wird Beton eingeftampft. So bleibt auch hier Platz fur einen ftändigen Waffervorrat unter dem Beton, welcher Erhitzung zu Beginn einer Feuersbrunft ausfchliefst und dann fofort felbftthätig ergänzt wird.

6. Kapitel.

Herftellung felbftändiger Decken im engeren Sinne unter eifernen Trägern und Balken.

205. Allgemeines.

Dafs die Herftellung ebener Putzflächen, wie fie in den meiften Räumen verlangt werden, unter eifernen Balken auf Schwierigkeiten ftöfst, weil die betreffenden Bauftoffe nicht am Eifen haften und Befeftigungsmittel an Eifenflächen fchwer anzubringen find, wurde mehrfach erörtert. Solche Decken haben aber nicht allein die Aufgabe, ebene obere Abfchlüffe zur Aufnahme von Malerei und Verzierungen für die unterliegenden Räume zu bilden; fie follen in der Regel auch wefentlich zum Schutze der ganzen Decke, in erfter Linie der befonders wenig feuerbeftändigen Eifenbalken, gegen Feuer von unten beitragen und bedürfen dann befonders forgfältiger Durchbildung und Anbringung.

Die vorhandenen Mittel zur Löfung diefer Aufgaben follen hierunter zufammengeftellt werden, nachdem das Gleiche für Holzbalken bereits in Kap. 2 (S. 64), unter c gefchehen ift.

206. Rillen an den Trägerunterflanfchen.

A. A. Chocarne in Paris[300]) verfieht nach den drei Muftern in Fig. 384 die Unterflächen der Trägerunterflanfche mit Rillen, in die der Deckenputz einbinden foll. Das Mittel, das an fich nicht zu den ausfichtsvollen gehört, weil nur eine

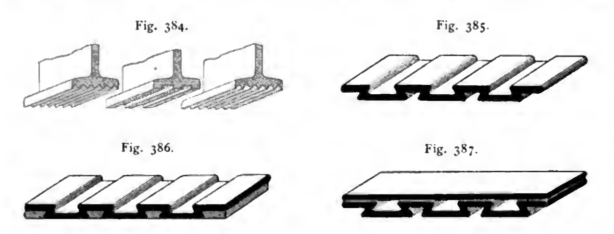


Fig. 384. Fig. 385. Fig. 386. Fig. 387.

wenig verläfsliche Verbindung des Putzes mit den Trägern entfteht, dürfte aufserdem den Preis der Träger wegen der wefentlichen Erfchwerung des Walzens beträchtlich erhöhen. Es ift denn auch nicht bekannt, dafs diefes Mittel in beträchtlichem Umfange verwendet wäre.

207. Unterbinden von Drahtnetzftreifen.

Ein befferes Mittel befteht in dem Unterbinden von verzinkten Drahtnetzftreifen mittels Zinkblech- oder verzinkten Drahtbügeln unter die Trägerflanfche; auch kann man die Ränder der Netzftreifen um die Flanfchränder aufbiegen. Zwifchen Netz und Flanfchkanten werden zwei kleine Holz- oder beffer Eifenleiften mit eingebunden, damit der Putzmörtel ficher zwifchen Netz und Träger eindringen und fich hinter den Netzmafchen gut fchliefsen kann.

Diefes namentlich von *W. Vollmann*[301]) in Gevelsberg ausgebildete Verfahren ift auch nach älteren günftigen Erfahrungen weit verbreitet.

300) D. R.-P. 78859. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1895, S. 236.

301) Siehe: Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 455.

Befinden fich Fachausfüllungen in den Balkenfachen, an die man leicht mit Bindedraht anfchliefsen kann, z. B. Mörtelplatten mit Drahteinlagen, bei denen die Drahtenden vorftehen, fo kann man die Ränder der Netzftreifen auch an diefen fo feft machen, dafs zwifchen Trägerunterfläche und Netz der nötige Raum bleibt.

Als Netze können die bereits in Art. 57 (S. 67) u. 77 (S. 118) befchriebenen Mufter verwendet werden, ebenfo auch die Drahtziegel von *Staufs & Ruff* in Cottbus[302]), welche in Fig. 113 (S. 68) dargeftellt find.

208. Gewellte und getränkte Papptafeln.

Fifcher's Patentbautafeln (Fig. 385 bis 387[303]), durch Preffen trapezförmig gewellte, getränkte Papptafeln, eignen fich, etwa mit krumm gefchlagenen breitköpfigen Nägeln oder anderen Mitteln an die Trägerflanfche gehakt, zum Anbringen von Deckenputz, da ihre Geftalt feftes Einbinden des Mörtels ergiebt, der dann wegen der Beftändigkeit der Platten gegen Feuchtigkeit und wegen ihrer Nachgiebigkeit gegenüber kleinen Formänderungen wenig Neigung zum Reifsen zeigt. Die in Fig. 386 angegebenen Holzleiften haben den Zweck, die Tragfähigkeit der Platten zu erhöhen; fie tragen auch zur Verbefferung des Haftens von Nägeln bei. Die Doppelplatten in Fig. 387 ergeben offen bleibende Lufträume im Inneren der Platte und befitzen erhöhte Tragfähigkeit.

209. Deckenputz nach *Kirchhoff*.

Kirchhoff in Ludwigshafen bringt den Putz unter Eifenbalken nach Fig. 388 an, indem er Putzrohrabfchnitte quer unter feine Doppelbalken legt (fiehe Art. 70 u. Fig. 136, S. 76), Längsdrähte darüber zieht und diefe durch Eintreiben von Hakennägeln in die Holzeinlagen zwifchen den Balken befeftigt. Die Unterfläche kann dann mit der angedeuteten Betondecke eben überputzt werden. Da die Einlagen *b* aus einzelnen Abfchnitten mit offenen Zwifchenräumen beftehen (fiehe Art. 70, S. 76), die nach dem Schwinden oben aufgenagelter Fufsbodendielen mit diefen zufammengetrieben werden follen, fo würde hierbei der Putz leicht verletzt werden. Beim Anbringen von Holzfufsboden ift es deshalb beffer, in den unteren Teil des Zwifchenraumes zwifchen den Trägern erft eine durchlaufende Bohle zu legen, auf der die oberen Holzabfchnitte gleiten können, ohne die den Putz haltenden Nägel mitzunehmen.

Fig. 388.

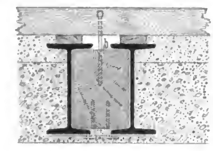
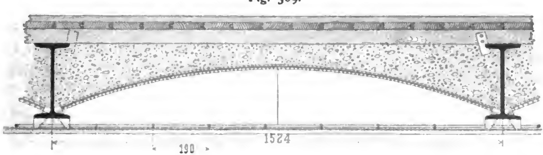


Fig. 389.



210. Decken von *Roebling* und von *Weyke*.

Die Decke von *Roebling*[304]) fchützt die Träger von unten völlig; fie kann an Holz-, wie an Eifenbalken angebracht und ohne Einrüftung von unten hergeftellt werden. In Fig. 389 ift fie für das Anbringen unter Eifenbalken dargeftellt.

[302]) Siehe: Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 454.

[303]) D. R.-G.-M. 36883. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1894, S. 451; 1895, S. 384. — Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 12.

[304]) Erzeugt von: *John A. Roebling's Sons Co.* in Trenton N. J.

Befondere Keilhafter (Fig. 390 u. 391 [305]) werden bei Eifenbalken mittels Umbiegens von Drahthaken um den Unterflanfch, bei Holzbalken durch Nagelung befeftigt. In diefe werden Rundeifen eingefchoben und mit Muttern angefpannt (Fig. 391), welche dann zum Einnähen von Drahtnetzen dienen. Der Putz wird mittels Rutfchbohlen, welche auf unter die Balken gehängten Führungsleiften laufen, feldweife in das Netz gefchlagen, fo dafs er unten gleich eben ift. Bedingung für diefe Herftellungsart ift hinreichender Zwifchenraum zwifchen den Netzen einerfeits und der Fachausfüllung und den Balken andererfeits, der durch feine Weite einen guten Feuerfchutz für die Balken liefert und mittels entfprechender Wahl der Länge der Keilhafter unter allen Umftänden leicht genügend offen zu halten ift.

Fig. 390.

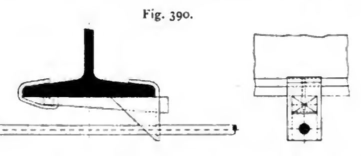
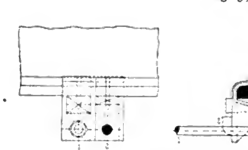
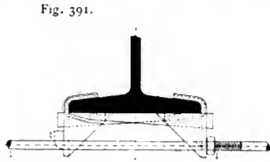


Fig. 391.





Eine ganz ähnliche felbftändige Deckenbildung zeigt die Konftruktion von *Weyhe* [306]) in Bremen (Fig. 392), bei der ein wagrechtes Drahtnetz mittels lotrechter Netzwände an zwifchen die Balken gefpannte Rundeifenbügel gehängt und dann mit allen diefen Teilen zugleich auf leichter Hängerüftung eingeputzt wird, fo dafs eine fehr kräftige Rippenplatte entfteht.

Fig. 392.

311. Decken von *Möbers* und von *Donath*.

Bei der Rippendecke von *Möbers* (fiehe Art. 141, S. 142 u. Fig. 280 bis 282 [307]), welche als Einlagen in eine gerippte Betonplatte hochkantig ftehende Bandeifen enthält, wird mittels Drahthaken ein Deckennetz an diefe gehängt, das dann den Putz zugleich als Unterlage für den Beton aufnimmt (Fig. 393). Liegt die Fachausfüllung etwa in Bogenform höher, fo kann die Decke gleichwohl in derfelben Weife mit einzelnen Flacheifen angebracht werden, wie Fig. 394 zeigt.

Im wefentlichen diefelbe Löfung zeigt auch die Decke von *Donath* [308]), bei der wieder der in ein untergebundenes Drahtnetz gebrachte Putzmörtel die Unterlage für die Betonfachausfüllung bildet (Fig. 395).

---

305) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 323.

306) Siehe: Deutfche Bauz. 1895, S. 432. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

307) Erzeugt von: *Karl Mobers & Wilhelm Wirtz* in Duffeldorf.

308) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 49. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitfchr. d. Ver. deutfcher Ing. 1897, S. 1006.

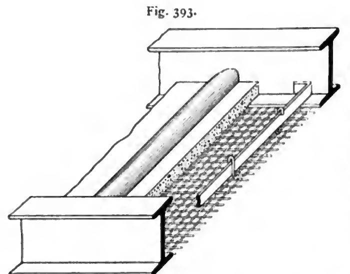


Fig. 393.

Theo Kandeler[309]) in Chicago hängt unter die [-Eifenbalken feiner »Chicagodecke« mittels angebolzter kleiner Bandeifen ganz kleine [-Eifen fo tief auf (Fig. 396), dafs fie noch erheblich unter den tiefften Teilen des Eifenwerkes liegen, fchnürt Drahtnetze unter fie und bringt den Deckenputz in letztere ein, fo dafs erhebliche Lufträume, welche gut gelüftet werden, alle wichtigen Tragteile vor Feuer fchützen. 212. Decken von *Kandeler*.

Um glatte Unterflächen von Stein- oder Betondecken zu berohren oder mit fonftigen Mitteln zur Anheftung des Putzes verfehen zu können, giebt *Kats* feinen aus Blech zufammengebogenen Trägern die in Fig. 397 dargeftellte Geftalt. Beim Einbringen des Deckenkörpers werden die beiden Flanken diefer 213. Decken von *Kats*.

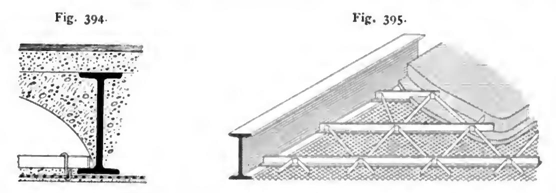


Fig. 394. Fig. 395.

Träger feft zufammengeprefst, fo dafs man nachher von unten Hakennägel in die gefchloffene Fuge mit Gewalt hineintreiben kann, die hierauf das Heftmittel für den Putz unmittelbar oder mittels untergezogener Drähte tragen.

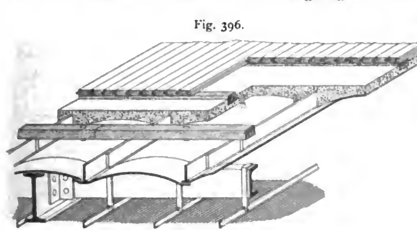


Fig. 396.

Die felbftändige feuerfichere Putzdecke von *Merrick*[310]) entfteht auf folgende Weife (Fig. 398). In die Kämpferfuge der Fachausfüllung werden Bleche, durchlaufend oder in Abfchnitten, eingelegt, deren oberfter Rand hakenartig um die Wölbftücke greift, fo dafs fie nicht nach unten herausgezogen werden können. Unten find die Bleche gelocht und reichen fo tief herab, dafs durch die Lochung gefteckte, hochkantig ftehende Flacheifen tief genug zu liegen kommen, um als Träger für die Decke dienen zu können. Unter 214. Decken von *Merrick*

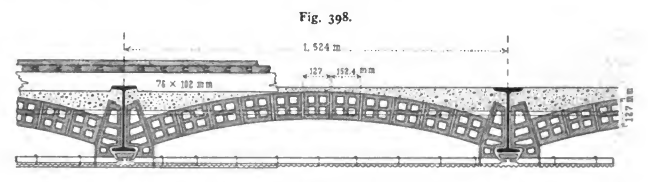
[309]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.
[310]) Erzeugt von: *Merrick fireproofing Co.* in New-York — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 221.

diefe Flacheifen wird ein Drahtnetz gehängt. Die unter die Balkenflanfche reichenden Enden der Flacheifen find um 90 Grad verdreht und tragen auf den verdrehten Enden rauhe, gebrannte Thonfliefen, welche die Balkenunterflanfche felbft und mittels eines Luftraumes decken. In das Gefüge aus Flacheifen, Netz- und Thonfliefen wird der Deckenputz auf angehängter Rutfchfchalung eingebracht.

Fig. 397.

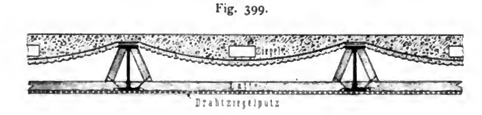
215. Terraftdecken. Eine felbftändige Putzdecke unter Eifenbalken führt auch die Terraftbaugefellfchaft in Berlin nach Fig. 399 in der Weife aus, dafs in weiter Teilung auf den Unterflanfchen liegende Holzlatten durch kleine Klemmftreben gegen die oberen Flanfche abgekeilt und mit Nägeln feft-

Fig. 398.



gehalten werden. Unter diefe vereinzelten Latten wird ein Drahtgewebe gebunden oder genagelt, fo dafs es frei unter den Trägern hängt, worauf dann die völlig

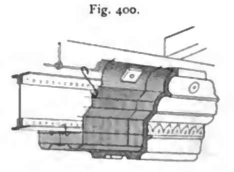
Fig. 399.



gleichmäfsige Putzung der ganzen Deckenfläche auch unter den Trägern hin erfolgen kann. Die wenigen Holzteile liegen durchaus luftig und find der Wirkung des Feuers, wie auch die Eifenbalken, wirkfam entzogen.

Im übrigen wird auf die zahlreichen Deckenbildungen im engeren Sinne verwiefen, die bei der Befprechung der Gefamtkonftruktionen der Balkenlagen und Fachausfüllungen mit vorgeführt find. Hier teilen wir in Fig. 400 nur noch ein Beifpiel der Schützung eines genieteten ftarken Unterzuges durch eine Draht- und Putzhülle mit.

Fig. 400.



7. Kapitel.

Beeinflussung der Decken durch Feuer.

Wenn auch die Sicherung der Gebäude gegen Feuer ein besonderes Kapitel dieses »Handbuches« bildet, so ist doch die Erörterung der Einwirkung des Feuers auf die Decken hier nicht ganz zu umgehen, weil dieser Gesichtspunkt in neuerer Zeit einer der maßgebendsten für die Konstruktion der Decken geworden ist.

Insbesondere sind hier die Erfahrungen der städtischen Bauverwaltungen von Bedeutung, da diese Behörden Gelegenheit haben, sichere Erfahrungen über die Einwirkung der Formgebung und Stoffwahl der Decken auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuerwirkung zu sammeln.

Bei Erörterung der Vorschläge von *Stolz* für die Ausbildung feuersicherer Decken aus Beton und Eisen in Art. 129 (S. 135) sind solche Erfahrungen bereits besprochen; es ist namentlich festgestellt, dass vertiefte Deckenfelder die Feuerwirkung erheblich begünstigen, dass man also bestrebt sein soll, den Decken thunlichst vollkommen ebene Unterflächen zu geben, ja selbst nicht einmal die Unterzüge vorspringen zu lassen.

Ganz besondere Sorgfalt wird der Frage der Widerstandsfähigkeit der Decken seitens der städtischen Bauverwaltung von New-York zugewendet, die fast alle für Neubauten vorgeschlagenen Deckenkonstruktionen vor der Genehmigung einer scharfen Feuer- und Löschprobe unterzieht. Die Art und Weise der Anstellung dieser Proben ist für eine Reihe verschiedener Decken bereits in Art. 145 u. 146 (S. 144 u. 146) angedeutet; die wesentlichen Ergebnisse einer grossen Zahl solcher Proben werden von *H. B. Seely*[311]) in den folgenden Grundsätzen für Deckenkonstruktion zusammengefasst:

1) Alle der Wirkung des Feuers ausgesetzten Teile müssen sich ausdehnen und zusammenziehen können und auszubessern sein, ohne dass dabei der Fussboden oder die Eisenteile wesentlich in Mitleidenschaft gezogen werden.

2) Alle die Aussenflächen bildenden Körper müssen das Feuer, wie den Spritzenstrahl ertragen; sie müssen schlechte Wärmeleiter sein, damit das dahinter liegende Eisen nicht erheblich erwärmt werden kann; die äusserste Erwärmung soll für Träger 150 Grad C., für Freistützen 315 Grad C. nicht übersteigen.

3) Die Erwärmung von Eisenteilen soll gleichmässig erfolgen, was durch Schaffung entsprechend angeordneter Luftzüge erreicht werden kann.

Seely giebt an, dass Flusseisen und Stahl auf 300 Grad C. erwärmt 10 Vom Hundert, bei 400 Grad C. Erwärmung aber schon 50 Vom Hundert ihrer Festigkeit einbüssen.

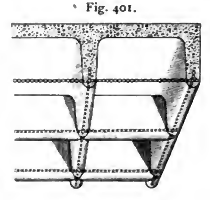
Er führt den frühzeitigen Einsturz von Betonkappen beim Beginne von Feuersbrünsten hauptsächlich darauf zurück, dass die dem Feuer teilweise ausgesetzten Träger starke Durchbiegungen annahmen und dabei die Kappen zerbrachen.

Als wirklich feuerfeste Einhüllungen sind nach *Seely* bloss der gewöhnliche Backstein und Zementputz mit Drahteinlage oder Beton mit Drahteinlage anzusehen. Beide halten Feuer und Wasser aus; Mantel mit Drahteinlage können auch stets so

311) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 234, 250, 322.

angebracht werden, dafs fie von den Eifenteilen und diefe von ihnen faft ganz unabhängig bleiben, was bei Backfteinen fehr viel fchwieriger zu erreichen ift. Er verwirft alle dünnen Thon- und Mörtelkörper, welche den Trägerflanfch oder fonftige Eifenteile untergreifen und, wenn zerftört, das Eifen freilaffen, darunter z. B. auch Konftruktionen wie in Fig. 401 u. 402, obwohl hier die Trägerverankerung durch Backfteine ganz eingefchloffen ift. Grofse Luftkanäle mit verhältnismäfsig fchwachen deckenden Körpern, wie z. B. in Fig. 403 u. 404, erklärt er für wirkfam, wenn für ungeftörte und leichte Luftbewegung in den Kanälen geforgt wird. In diefer Beziehung hebt er die in Fig. 405 dargeftellte Konftruktion als ein Mittel hervor, um Anordnungen zu fchützen, bei denen fonft die Trägerunterflächen frei find, und die deshalb nicht als feuerficher bezeichnet werden können.

Fig. 401.



Nach diefen Erfahrungsergebniffen befitzen viele Deckenkonftruktionen, die als feuerficher angepriefen werden, diefe Eigenfchaft thatfächlich nicht.

Ein Beifpiel einer neueren Decke in der *Manhattan-Savings Inftitution* [312]) zu New-York, auf welche man grofse Erwartungen gefetzt hatte und die fich felbft gegenüber einem Feuer, welches durch die ftrahlende Wärme einer Feuersbrunft auf der anderen Strafsenfeite entftand, nicht bewährte, zeigt Fig. 406. Das im November 1895 zerftörte, erft wenige Jahre vorher errichtete Gebäude hatte kaftenförmige Unterzüge und gegen diefe ftofsende I-Balken, welche auf den Unterflanfchen leichte ⊥-Eifen trugen. In diefe waren 76 mm dicke Platten aus gebranntem Thone gelegt, deren Unterfeite den auch die Balken unterdeckenden Putzmörtel trugen; die Kaftenunterzüge ragten aber frei nach unten vor. Oben trugen Balken und Unterzüge nur einen doppelten Dielenfufsboden; die Fache waren ganz leer. Die fehr geringe Widerftandsfähigkeit ergab fich daraus, dafs fich die unten erhitzten Unterzüge beim Beginne des Feuers ftark durchbogen, die fie unterftützenden Wandpfeiler umwarfen oder lockerten und den Thonplattenbelag fo weit öffneten, dafs die Hitze in den Hohlraum der Decke ungehindert eindrang und nun den Fufsboden des oberen Gefchoffes auf der ganzen Fläche in Brand fetzte. So wurden in kurzer Zeit mehrere Gefchoffe von unten nach oben zerftört.

Fig. 402.

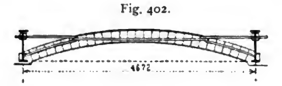
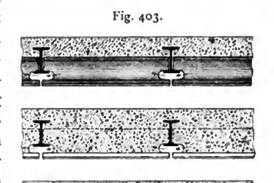


Fig. 403.



Eine Konftruktion von Decken für befonders feuergefährliche Räume, welche beim Ausbruche des Feuers zunächft fchnelle Erhitzung verhindern und dann durch felbftthätige Löfchvorrichtungen gefichert werden foll, giebt *Peafe* in Stockton-on-Tees an. Die aus eifernen Blechtrögen

[312]) Siehe: *Scientific American*, Suppl. 1897—1, S. 17536. — Neuherftellung mit Thonkaften: *Engineering record*, 1900—I, S. 108.

als Träger gebildete Deckenkonſtruktion verſchiedener Ausführung iſt bereits in Fig. 382 u. 383 (S. 183) dargeſtellt und auf S. 182 beſchrieben.

Die in gewiſſer Höhe ſeitlich durchlochten Tröge dieſer Decken ſtehen durch Leitungen mit einem Waſſerbehälter in Verbindung, in dem der Spiegel durch ein

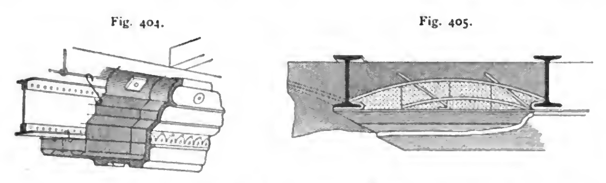


Fig. 404. Fig. 405.

von einem Hauptſeile mit Gewicht am anderen Ende geſchloſſenes Ventil mit Gewichtshebel ſo tief gehalten wird, daſs das in die Tröge tretende Waſſer ihre Wanddurchlochungen nicht erreicht (Fig. 407). Zwiſchen den Trögen ſind in kurzen Abſtänden ſtarke, aber leicht verbrennende Schnüre gezogen, deren jede mittels zweier

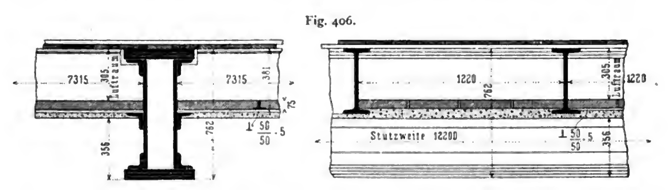


Fig. 406.

feſter und einer loſen Rolle an einer Längswand durch ihre Spannung in das ſchwer verbrennliche Hauptſeil zwiſchen zwei feſten Rollen eine Schleife ſtraff nach oben aufzieht. Unter der Wirkung aller Schnüre wird das Hauptſeil ſo angezogen, daſs es das Befeſtigungskettchen des Gewichtes an einem Ende ſchlaff hebt, durch das

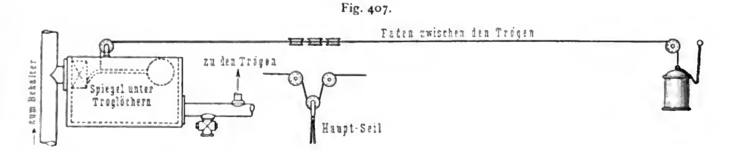


Fig. 407.

Gewicht Spannung erhält und ſo mit dem anderen Ende das Kaſtenventil gegen ſein eigenes Gewicht geſchloſſen hält. Entſteht ein Feuer, ſo verhindert zunächſt die geringe in der Decke enthaltene Waſſermenge das Heiſswerden; ſobald aber auch nur eine der Schnüre durchgebrannt iſt, wird das Hauptſeil von den drei Rollen ſo weit nachgelaſſen, daſs ſich erſt das Gewicht an ſeinem Kettchen aufhängt, dann der Ventilhebel niederſinkt, das Ventil öffnend und Waſſer in den Kaſten und von

da in die Tröge einlaffend, fo dafs neben dem Dampfe aus ihren Wandöffnungen bald ein Regen ausfliefst.

Durch Schliefsen des Ventils und Wiederanknüpfen der Schnüre kann die Vorrichtung wieder in den Bereitfchaftftand gebracht werden.

8. Kapitel.

Schutz der Balkendecken gegen Feuchtigkeit und Schalldurchläffigkeit.

Die Schutzmittel gegen Feuchtigkeit[313]) follen bezüglich der Teile gleichfalls einzeln befprochen werden, nämlich:

a) für die Ausfüllungen der Balkenfache,

b) für die Träger und Balken und

c) für die Freiftützen.

Vom Schutze der Fufsböden gegen auffteigende Feuchtigkeit war bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 12, unter a, 1, γ) diefes »Handbuches« die Rede; von den ferneren bei Fufsböden notwendigen Schutzmitteln wird noch in Teil III, Band 3, Heft 3 diefes »Handbuches« gefprochen werden.

a) Feuchtigkeitsfchutz für die Ausfüllungen der Balkenfache.

216. Wahl der Bauftoffe. Die Fachausfüllungen follen aus völlig trockenen und die Feuchtigkeit nicht auffaugenden Stoffen hergeftellt werden, da fie fonft die Veranlaffung zur Zerftörung der Decke werden und fchon vorher den Herd für die Entwickelung fchädlicher Gafe und Pilze bilden. Bei der Ausfüllung hölzerner Balkenfache follen vor allem organifche Beimengungen vermieden werden; man hat daher auf völlige Reinheit des fonft gut zu diefem Zwecke zu verwendenden Baufchuttes von Holzfpänen, Zeugreften, Papierftücken, Stroh u. dergl., fowie auf vollftändige Fernhaltung von Humus aus Sandfüllungen zu achten. Füllungen aus Sägefpänen, Torfgrufs, Moos u. dergl. find, abgefehen von ihrer grofsen Feuergefährlichkeit, völlig trocken und nur da zu verwenden, wo fie auch dauernd keiner Feuchtigkeit ausgefetzt find. Dafs Kiefelgur die trockenfte Füllung abgiebt, wurde fchon in Art. 28 (S. 44) befprochen.

Bei an fich feucht liegenden Decken find namentlich die Füllungen aus Gips und Gipsbeton, fowie aus hohlen Gipsblöcken nach franzöfifchen Muftern unzuläffig, weil der Gips fich im Waffer leicht löft. Für derartige Fälle empfehlen fich ganz befonders Ausfüllungen aus Hohlziegeln, hohlen Thonkaften oder hohlen Zementdielen, deren Kanäle man zur Lüftung der Decke benutzen kann, wenn man fie mit nach aufsen gehenden Luftlöchern verfieht.

Eine Reihe der neueren Zwifchendeckenkonftruktion find in erfter Linie mit Rückficht auf völlige Trockenheit durchgebildet, fo die Korkfteine, Gipsdielen und Spreutafeln, welche infolge ihrer Zufammenfetzung an fich wafferbeftändig find und durch die vielen Hohlräume gute Gelegenheit zum Verdunften etwa eingedrungener Feuchtigkeit geben.

[313]) Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (S. 410 ff.; 2. Aufl., S. 388 ff.) diefes »Handbuches«.

Als Mittel, um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fachausfüllung überhaupt zu verhindern, empfiehlt ſich die waſſerdichte Herſtellung des Fuſsbodens durch Beläge oder Kalfatern; die wegen Verhinderung des Aufſteigens von Staub durch die Fuſsbodenfugen zu empfehlende Abdeckung der Fachausfüllung mit Dachpappe kann die hier geſtellte Aufgabe nur unvollkommen löſen, da die einmal durch den Fuſsboden gedrungene Feuchtigkeit nur langſam verdunſtet und ſchlieſslich auch den Weg durch die Dachpappe finden wird. 217. Mittel gegen das Eindringen der Feuchtigkeit.

Ein wirkſames Mittel zur Trockenlegung und Warmhaltung von Decken, auch ſonſtiger Bauteile, ſind *Fiſcher*'s Patentfalzbautafeln[314]) »Kosmos« (Fig. 408 bis 411). Sie beſtehen aus ſchwalbenſchwanzförmig gewellten Dachpapptafeln, bilden

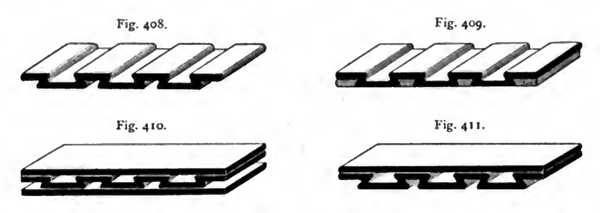


Fig. 408. Fig. 409. Fig. 410. Fig. 411.

eine luftige und hinreichend tragfähige Unterlage, z. B. für Lagerhölzer auf feuchter Unterſtützung, für Balken in Balkenkammern, für Dielen auf Balken u. ſ. w.

Die Tafeln werden 1 m breit, 3 m lang geliefert, in kleineren Maſsen auf Beſtellung auch abgepaſst.

Um den Tafeln als Unterlage gröſsere Tragfähigkeit zu geben, werden ſie auch mit Holzeinlagen in den Falzen angefertigt (Fig. 409).

Um ebene Oberflächen zu erzielen, wird eine pulverförmige Eſtrichmaſſe nebſt Klebſtoff zu den Tafeln geliefert, die in feuchtem Zuſtande wie Mörtel nach Beſtreichen der Tafeln mit dem Klebſtoffe aufgetragen wird[315]). Dieſer Eſtrich eignet ſich jedoch wegen der Nachgiebigkeit der Pappe nur für ſehr leicht belaſtete Decken, beſſer für Dachdeckungen.

Fig. 412.

Zwei Verwendungsbeiſpiele ſolcher »Kosmos«-Bautafeln zeigen Fig. 412 u. 413. In Fig. 412 iſt ein nicht unterkellerter Fuſsboden eines Erdgeſchoſſes dadurch trockengelegt, daſs zunächſt zwiſchen die Lagerhölzer und ihre Untermauerung, dann wieder zwiſchen den Fuſsboden und die Lagerhölzer Kosmostafeln eingelegt ſind, und ſo das Aufſteigen von Feuchtigkeit an zwei Stellen unmöglich gemacht iſt. Fig. 413 zeigt den Abſchluſs eines feuchten Raumes gegen eine darüber liegende hölzerne Balkenlage. In die Fache ſind die Lehrhölzer *B* mittels der Leiſten *L* eingeſetzt, ſo daſs

Fig. 413.

[314]) Erzeugt von: *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh., Falz-Baupappen-Fabrik in Rawitſch. — D. R.-P. 72880. — D. R.-G.-M. 15081. — Siehe auch: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455.

[315]) Vergl. auch »Papyrolith« von *Otto Krauer* in Einſiedel bei Chemnitz. — Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 131.

immer eine Lehre mit der Fuge der unterzunagelnden Bautafel zufammentrifft und ihren Stofs vermittelt; fonft ift die Teilung der Lehren 25 cm. Rechts find die Leiften L durch angebolzte Winkeleifen erfetzt. Man fieht, wie der Putz mit Schwalbenfchwanzleiften in die Pappe greift, und dafs die Pappe an der Oberfeite erhebliche Luftkanäle am Holze freiläfst, fo dafs diefes gegen Näffe und Feuer gut gefchützt wird.

218. Beläge und Anftrichmittel.

Als Beläge und Anftrichmittel zum Trockenlegen von Decken und als Mittel gegen Schwammbildung werden angezeigt:

Pinol von *H. Guerdan & Co.* in Rorfchach, ohne weiteres mit kaltem Waffer verdünnt aufzuftreichen;

Kautfchukleim, auch auf Papier geftrichen, geliefert von *Buffe*, Chemifche Fabrik in Hannover-Linden;

Mycelicid, geruchlofes Carbolineum, von *R. Fretzdorf & Co.* in Berlin;

Afphalt-Ifolierplatten der Theerproducte-Fabrik »Biebrich« *Stephan Mattar* in Biebrich;

Schmiegfame Afphalt-Ifolir-Platten von *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh.;

Pachytekt-Afphaltplatten von *C. F. Beer Söhne* in Köln a. Rh.;

Afphalt-Ifolirplatten von *C. P. Schunck* in Mülheim a. Rh.;

Abfonderungsplatten der Lobfaun-Afphalt-Gefellfchaft in Sulz unterm Wald;

Torgament, trockener, feuerficherer Belag von *F. Lehmann & Co.* in Leipzig;

Papyrolith von *Otto Crauer* in Einfiedel.

In die Fachausfüllung gebettete Eifenteile werden, wenn nicht jedes Eindringen von Feuchtigkeit mit völliger Sicherheit ausgefchloffen ift, angeftrichen, geteert oder am beften verzinkt, da in feuchten Fachausfüllungen ein ganz aufserordentlich ftarkes Roften ftattfindet, namentlich wenn es durch fauere Beimengungen der Ausfüllung, wie bei Kohlenafche, unreinem Baufchutte, befördert wird.

Befonders wichtig ift die Sicherung dünner Bleche, alfo der Wellblech-, Tonnenblech- und Buckelplattendecken. Diefe Teile follen, nachdem fie vollkommen fertig für das Verlegen vorbereitet find, verzinkt werden, und wenn die Verzinkung durch die Verlegungsarbeiten, z. B. durch Nieten, verletzt wird, fo follen die verletzten Stellen durch Aufträufeln flüffigen Lotes gefichert werden. Ferner ift es zweckmäfsig, diefe Blechkörper über der Verzinkung noch mit einem dünnen Ueberzuge von weichem Afphalt oder Afphaltlack, heifs aufgetragen, oder mit Oelfarbenanstrich zu verfehen. Diefer Ueberzug giebt zugleich das befte Mittel ab, die Nietungen und Fugen in den Auflagerungen auf den Trägern zu decken und fo mit Gefälle zu verfehen, dafs das Waffer von hier leicht und fchnell nach den Entwäfferungsftellen laufen kann.

Die Entwäfferungsftellen find bei hängenden Buckelplatten die Scheitel, in welche Entwäfferungsröhrchen vor dem Verzinken eingefchraubt werden, bei nach oben gewölbten Buckelplatten die vier Ecken, welche aber dicht an den Nähten und den Trägern liegen und viermal fo viele Löcher erfordern; daher ift diefe Anordnung überall da mangelhaft, wo erheblichere Mengen Feuchtigkeit zu erwarten find, und es ift dann eine ganz befonders forgfältige Entwäfferungsanlage nach den Ecklöchern mittels Afphaltfchichten mit möglichft ftarkem Gefälle nötig.

Tonnenbleche hängen ftets nach unten, müffen alfo im Scheitel entwäffert werden. Um Längsgefälle des Scheitels nach beftimmten Entwäfferungspunkten zu erhalten, bilde man die Tonnenbleche aus etwas trapezförmigen Blechen, fo dafs fie zwifchen die parallelen Träger gebracht, an einem Ende ftärkeren Pfeil als am anderen erhalten. In die tiefften Punkte werden auch hier vor dem Verzinken Entwäfferungsröhrchen eingefetzt. Lafchen auf der Innenfeite der Bleche find nur in

den höchften Punkten diefer Entwäfferung zuläffig; fonft dürfen fie nur einfeitig aufsen angebracht werden, weil fie fonft kleine Dämme für die Entwäfferung bilden würden.

Wellbleche können Gefälle nach beftimmten Punkten erhalten, wenn man entweder die fie tragenden Balken verfchieden hoch legt oder das Wellblech auf den Balken verfchieden hoch auffüttert. Die Ueberdeckung der Tafeln mufs mit der Gefällrichtung laufen. Befonders wichtig ift das völlige Vermeiden der Anbringung von Nieten oder Schrauben in den Wellenthälern, da diefe den Wafferabzug in den Thälern hindern und die zugehörigen Löcher gewöhnlich den erften Angriffspunkt für den Roft bilden.

b) Feuchtigkeitsfchutz für Träger, Balken und Lagerhölzer.

Hölzerne Balken und Lagerhölzer find diejenigen Teile der Decken, welche des forgfamften Schutzes gegen Feuchtigkeit bedürfen. Von ganz befonderer Wichtigkeit ift die Auflagerung. 219. Hölzerne Balken und Lagerhölzer.

1) Bei Fachwerkwänden treten die Balkenköpfe frei zu Tage, find alfo mit ihrem Hirnholze dem Wetter ausgefetzt. Als Schutzmittel werden hier verwendet:

α) Ueberhängende Geftaltung der Balkenköpfe, welche oben mit ftark geneigtem Wafferfchlage, darunter Waffernafe, beginnt.

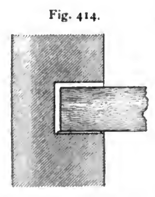
β) Benageln mit Blechkappen. Dabei foll das Blech nicht unmittelbar auf dem Hirnholze liegen, damit fich das Waffer nicht zwifchen Blech und Holz feftfaugt, das Holz nun dauernd anfeuchtend.

γ) Benageln mit Hirnbrettern. Auch hier follen zwifchen die Balken und die Hirnbretter Luftklötze gebracht werden, damit die Luft die Poren des Hirnholzes frei umfpülen kann; der fo entftandene Zwifchenraum wird nach oben durch ein Schutzbrett mit Wafferfchlag gefchloffen.

δ) Beftreichen der Hirnenden mit Teer oder fonftigen wafferdichten Decken ift bedenklich, weil man in folcher Weife leicht die Feuchtigkeit im Balken einfchliefst und diefen zum Stocken bringt.

2) Bei maffiven Wänden läfst man die Balkenköpfe nicht bis zur Aufsenfläche durchgreifen, fondern lagert fie nur in die Wand, um fie nach aufsen durch maffive Vormauerung zu fchützen. Da letztere aber bei den gewöhnlichen Wanddicken nur fchwach fein kann und dann Feuchtigkeit in grofsen Mengen durchläfst, fo ift auf das forgfamfte darauf zu halten, dafs der in der Wand liegende Balkenkopf, abgefehen vom Unterlager, von allen Seiten von der Luft frei umfpült werden kann (Fig. 414). Vor der Hirnfläche foll eine wenigftens 2 cm weite Luftkammer frei bleiben, und die an die Seiten- und Oberfläche ftofsenden Steine follen, wie auch etwaiger Wandputz, 1 cm vom Balken entfernt bleiben, erftere wenigftens ohne Mörtel gegen den Balken gefetzt fein. Sehr gefährlich ift es, die Ummauerung in Mörtel gegen den Balken zu fetzen, weil man fo der Luftkammer die Lüftung nimmt.

Fig. 414.



Behufs künftlicher Lüftung der Balkenkammern wird empfohlen[316]), ein eifernes Rohr in die Mauer zu legen, fo dafs es alle Balkenkammern berührt, und in jeder

[316]) Siehe: Deutfche Bauz. 1890, S. 551.

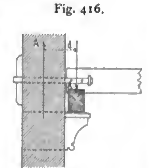
einige Male anzubohren, andererfeits diefe Rohre in ein ftark ziehendes Lüftungs- oder Rauchrohr münden zu laffen und fo dauernd die Luft aus den Balkenkammern anzufaugen.

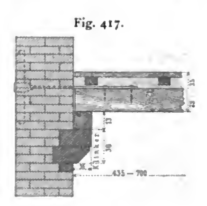
Wirkfamer Schutz der Balkenköpfe ift nach Fig. 415 mittels *Fifcher's* »Kosmos«-Bautafeln zu erreichen, welche, an fich wafferdicht, den Balkenkopf auch noch mit zahlreichen Hohlräumen fogar im Unterlager umgeben; in Fig. 415 ift zugleich eine Lüftung der Balkenkammer nach aufsen angegeben.

Fig. 415.

Zweckmäfsig ift auch die Auflagerung auf eine wafferdichte Zwifchenlage, Blech, Zement- oder Afphaltlage, Dachpappe, Dachfilz u. dergl. und das Auskleiden der ganzen Balkenkammer mit einem Teer- oder Pechanftriche oder einer Afphaltlage. Unzuläffig ift auch hier das wafferdichte Beftreichen des Balkenkopfes; dagegen ift in gefährlicher feuchter und dumpfer Lage das Tränken der ganzen Balken mit fäulnishindernden Stoffen fehr zu empfehlen.

Werden die Balken vor der Wand aufgelagert (Fig. 416 u. 417), fo ergiebt fich die Lüftung der Köpfe von felbft; hier bedarf höchftens das Lager auf Stein eines Schutzes gegen auffteigende Feuchtigkeit.


Fig. 416.


Fig. 417.

3) Zwifchenwände werden von den Balken ganz durchdrungen; hier foll auch trockene Ummauerung oder ein Luftraum um den Balken und nötigenfalls Wafferfchutz des Lagers verwendet werden.

Die auffteigende Mauerfeuchtigkeit ift namentlich bei tiefer Lage der Balken zu fürchten, weshalb befonderer Schutz der Lagerflächen in Balkenkellern, fowie der über nicht ganz trockenen Kellerkappen eingebetteten Lagerhölzer die Regel bilden follte.

Eine auch unter ungünftigen Verhältniffen völlig gegen Feuchtigkeit geficherte Fufsbodenlagerung in fchlechter Bettung nach *Klette*[317]) ift in Fig. 418 dargeftellt.

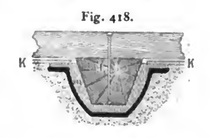


Fig. 418.

In gut angeftrichene Belageifen Nr. 6, welche in die Bettung gelegt find, lagert man trapezförmige Holzlager *l* fo ein, dafs fie nach oben etwas gegen die Belageifen vorftehen, indem man fie in eine Füllung *m* aus heifsem, weichem Gufsafphalt eindrückt; den vorquellenden Afphalt ftreicht man über den Flanfchen der Belageifen aus und drückt in den thunlichft noch weichen Afphalt eine die ganze Bettung abdeckende Lage *k* von Afphaltfilz ein, deren Ränder gegen die Afphaltfüllung *m* noch durch einen heifsen Anftrich aus Pech und Erdharz abgedichtet werden. Die auf die Holzlager genagelten Bretter liegen auf der Lage *k* von Afphaltfilz nicht völlig auf, fo dafs noch eine dünne abfondernde Luftfchicht überbleibt. Die Ränder des Fufsbodens werden gegen die unter den hier gedachten Verhältniffen wohl auch feuchten Wände mittels Afphaltfuge abgefondert, und fo ruhen alle Holzteile in einem für die Feuchtigkeit vollkommen undurchdringlichen Bette.

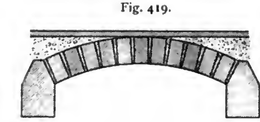
Auch die in Fig. 412 dargeftellte Abfonderung durch Einlagen von »Kosmos«-Bautafeln bildet ein für diefen Zweck wirkfames Mittel.

317) D. R.-P. Nr. 31263 u. 36769.

Die Holzbalken follen auf ihre ganze Länge thunlichft trocken und luftig liegen; hieraus hauptfächlich erklärt fich das oben geftellte Verlangen nach reiner, trockener und poriger Ausfüllung der Balkenfache. Hat man vollkommen befriedigenden Füllftoff nicht zur Verfügung, fo ift das Anftreichen der vier Balkenfeiten mit Holzteer oder Carbolineum zu empfehlen. Bei Balkenlagen des nicht unterkellerten Erdgefchoffes mufs aus gleichem Grunde ein $0,_{80}$ m bis $1,_{00}$ m hoher, durch die Grundmauern nach aufsen gelüfteter Hohlraum unter der Balkenlage gefchaffen werden; in den Erdboden gelagerte Balken faulen ohne befondere Vorfichtsmafsregeln nach ganz kurzer Zeit. Auch bei Balkenkellern mufs wegen des vergleichsweife hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Kellerluft für dauernde Lüftung geforgt werden.

Unforgfältige Behandlung der Balkenlagerung bildet meift den Grund zur Entwickelung des Hausfchwammes [318]), deffen Befeitigung nach dem einmal eingetretenen Entftehen ficher nur durch völligen Umbau der angegriffenen Teile zu erreichen ift. Der ficherfte Schutz ift das Vorbeugen durch trockene luftige Lagerung; daher ift auch die maffive Auswölbung der Balkenfache nach Fig. 419 nicht zu empfehlen.

Fig. 419.



Eiferne Träger find den Einflüffen der Feuchtigkeit nicht in dem Mafse unterworfen wie Holzbalken und follen daher an ungünftigen Stellen diefe erfetzen. Sie find jedoch vor Roft durch wafferdichten Anftrich zu fchützen, welcher am beften aus einer Deckung mit heifsem Leinöl in der Fabrik, einem Grundanftriche mit Bleimennige nach der Abnahme, einem zweiten nach dem Verlegen und einem doppelten oder dreifachen Oelfarbenanftriche nach Fertigftellung der Eifenkonftruktion befteht. Jedem Anftriche mufs gründliche Reinigung vorangehen. In völlig geficherter Lage unterbleibt der Anftrich. Da, wo die Träger dauernd der Feuchtigkeit ausgefetzt find, z. B. in mit Dämpfen gefüllten Räumen, ift diefer Schutz meift ungenügend; die Träger follen dann verzinkt werden, ein Verfahren, das von vielen Fabriken jetzt bis zu 10 m Stücklänge ausgeführt wird. Die Verzinkung foll als letzte vorbereitende Arbeit vorgenommen werden, damit etwaige Nietungen, Lochungen u. dergl. den Zinküberzug mit erhalten. Hier mag noch das bei Mafchinenteilen fchon vielfach verwendete Verfahren von *Bower-Barff* [319]) erwähnt werden, nach welchem durch Zuführen von Wafferdampf und heifser Luft zu dem in einem Ofen erhitzten Eifen eine fefthaftende und weitere Oxydation ausfchliefsende Schicht von Magnetoxydul (Fe_4O_3) auf der Oberfläche gebildet wird. Die bisherigen Erfahrungen laffen dasfelbe auch für nicht weiter zu bearbeitende fchwere eiferne Bauteile geeignet erfcheinen; doch ift das Verfahren für lange Teile bislang wegen zu hoher Koften ausgefchloffen. 320. Eiferne Träger.

Bezüglich der ganz in Zementmörtel oder Zementbeton eingelagerten Eifenteile, z. B. der Träger in Decken aus Zementbeton oder Zementmauerwerk, ift die Beobachtung gemacht worden, dafs fie felbft in etwas feuchter Lage vor dem Roften gefchützt find, wahrfcheinlich weil fich das Roften hindernde Verbindungen des Eifens mit den Beftandteilen des Zements, insbefondere der Kiefelfäure, auf der 321. Eifenteile in Zement gelagert.

318) Siehe: Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Art. 147 [S. 176]; 2. Aufl.: Art. 214 [S. 210]) diefes »Handbuches« — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 297 — endlich: Deutfche Bauz. 1888, S. 115.

319) Siehe: Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Art. 209 [S. 205]; 2. Aufl.: Art. 299 [S. 261]) diefes »Handbuches« — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 141.

Eifenoberfläche bilden. Diefe Erfcheinung ift befonders wichtig für die Eifenteile der Verbundkörper. Man hat kein Bedenken getragen, eiferne Träger felbft dann in Beton vollkommen unzugänglich einzubetten, wenn fie auch nach ihrer Lage dauernd der Feuchtigkeit ausgefetzt find; ja man hat bei bedeutenden Bauwerken in diefer vollftändigen Einbettung das befte Mittel zum Schutze unangeftrichener und nicht verzinkter Eifenteile vor dem Rofte erkannt [320]).

c) Feuchtigkeitsfchutz für die Freiftützen.

222. Hölzerne Freiftützen.

Freiftützen bedürfen eines Schutzes gegen Feuchtigkeit vorwiegend, wenn fie aus Holz beftehen. Kann ein erhebliches Mafs von Feuchtigkeit den Stützenfufs erreichen, fo ift die Verwendung von Holz ausgefchloffen. Da die Stützen meift fteinerne Sockel erhalten, fo find fie der Einwirkung der im Mauerwerke ftets enthaltenen Feuchtigkeit immer ausgefetzt, und zwar mit der unteren Hirnfläche, welche dafür befonders empfindlich ift. Man foll daher die Stützen nur unter günftigften Verhältniffen unmittelbar auf den Stein fetzen; im allgemeinen foll eine Zwifchenlage zwifchen beide gebracht werden, welche am beften aus einer Kupfer- oder Bleiplatte, weniger gut aus Dachpappe oder einem kurzen Stücke Querholz befteht.

Fig. 420.

Im Freien mufs man für fchnellen Abflufs des Tagewaffers vom Fufse forgen, daher die unterliegenden Steine vom Umfange des Holzes aus ftark abfchrägen und die Stütze nicht, wie es fonft die Regel bildet, in eine Vertiefung des fteinernen Unterbaues ftellen oder fie mit diefem verdollen, wie dies für gefchützte Lage z. B. in Fig. 420 dargeftellt ift.

223. Eiferne Freiftützen.

Hohle eiferne Stützen können vom Waffer gefährdet werden, wenn fie, dem Frofte ausgefetzt, als Abfallrohre benutzt oder fo angeordnet find, dafs unbeabfichtigter Weife Waffer hineingelangen kann. Die Benutzung als Abfallrohr ift nicht zu empfehlen; läfst fie fich nicht umgehen, fo fetze man ein befonderes, wo möglich gufseifernes Abfallrohr in die Stütze, laffe diefe unten völlig offen und durchbohre ihre Wandungen mit kleinen Löchern in nicht zu weiten Abftänden, um bei etwaiger Undichtigkeit dem Waffer fchnellen Abflufs und etwa fich bildendem Eife Gelegenheit zur Ausdehnung zu geben, da letzteres anderenfalls die Säule zerfprengt. Auch wenn keine Wafferabführung durch die Säule geht, bohre man Entwäfferungslöcher fo ein, dafs zufällig, z. B. während des Baues, hineingelangendes Waffer freien Abflufs findet [321]).

d) Schutzmittel gegen Schalldurchläffigkeit.

224. Hellhörigkeit.

In den meiften Fällen ift die Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles, die »Hellhörigkeit« der Decken, ftörend; am läftigften dürfte fie wohl in Wohnhäufern fein, wenn die verfchiedenen Gefchoffe von verfchiedenen Familien bewohnt werden.

Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 10, unter g) diefes »Handbuches« — bei Befprechung der Schalldurchläffigkeit von Wänden —

[320]) Siehe: M. AM ENDE. *Agricultural hall, London. Engineer*, Bd. 62, S. 399.

[321]) Siehe: Deutfche Bauz. 1890, S. 608.

wurde gefagt, dafs in der fraglichen Richtung verhältnismäfsig wenige Erfahrungen vorliegen; die Phyfik hat fich mit der Prüfung der Stoffe auf ihre Schalldurchläffigkeit noch wenig befchäftigt.

Aeufserft ungünftig find bezüglich der Schalldurchläffigkeit die am häufigften angewandten hölzernen Balkendecken mit darüber befindlichem Holzfufsboden, und unter diefen find es befonders die Balkenlagen ohne Ausfüllung der Fache, welche in diefem Sinne am ftörendften find. Allein auch bei gewiffen eifernen Deckenkonftruktionen find Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles fehr ftark und ebenfo bei Fufsböden, welche aus einfachen, dünnen, nicht durch unelaftifche Stoffe am Schwingen verhinderten Mörtelplatten beftehen.

Soweit die vorliegenden Erfahrungen ausreichen, giebt es — abgefehen von der Herftellung fehr fchwerer und daher durch mäfsige Kräfte nicht in Schwingungen zu verfetzender Decken, wie z. B. der ganze Windelboden bei Holzbalken (fiehe Art. 31, S. 47) oder Ausrollen mit vollen Backfteinen (fiehe Art. 38, S. 51) — vier Hauptmittel zur Bekämpfung der Schalldurchläffigkeit von Decken:

1) Abfonderung des Fufsbodens von der Balkenlage,

2) Abfonderung der Decke im engeren Sinne vom Gebälke,

3) Anordnung von Hohlräumen und

4) Zufammenfetzung voller Decken aus Lagen, welche fich gegenfeitig die Eigenfchaft nachtönender Platten nehmen.

Durch das erfte Mittel foll verhindert werden, dafs die Decke aus einem einzigen dichten, zufammenhängenden Körper beftehe; man foll vielmehr Fufsboden und Balkenlage durch geeignete Stoffe voneinander abfondern. Dies kann in zweifacher Weife gefchehen. 225. Abfonderung des Fufsbodens von der Balkenlage.

α) Man lege die Fufsbodenbretter nicht unmittelbar auf die tragenden Teile, fondern ordne über diefen zunächft eine aus einer porigen Maffe beftehende Auffüllung an, verlege in diefe thunlichft fatt befondere Lagerhölzer und befeftige die Fufsbodenbretter erft auf diefen. Zu diefem Zwecke ift es notwendig, dafs man bei Holzbalkenlagen einen befonderen Bretterzwifchenboden herftellt, auf dem die Auffüllung lagert. Dies kann entweder nach Art der Einfchubböden (fiehe Art. 33, S. 48) gefchehen oder in der in Oefterreich üblichen Konftruktionsweife der Decken; dort kommt auf die Tragbalken zunächft ein »Sturzboden« aus ungehobelten Brettern zu liegen, auf den die Auffüllung aufgebracht wird.

Für die Auffüllung empfiehlt fich Sand oder Steinkohlenlöfch[322]). Je höher diefe Schicht ift, defto günftiger ift die Wirkung; unter 10 cm follte man kaum gehen; doch wird man nur felten eine noch gröfsere Höhe wählen, weil fonft die Konftruktionshöhe, welche die Decke in Anfpruch nimmt, eine zu bedeutende wird.

Mufter von Anordnungen der hier vorgeführten Art für die verfchiedenartigften Deckenkonftruktionen zeigen Fig. 61 (S. 46), 118 (S. 69), 128 (S. 73), 130 (S. 130), 145 (S. 79), 155 (S. 83), 156 (S. 86) u. 256 (S. 133).

β) Will man die eben befchriebene, immerhin mit nicht unbedeutenden Koften verbundene Anordnung umgehen, fo kann man der Hellhörigkeit der Decken wohl auch dadurch begegnen, dafs man zwifchen Fufsbodenbrettern und Gebälkoberkante Pappdeckel, Filz, Ifolierhaarfilz u. f. w. anbringt. Diefes Mittel ift allerdings weniger wirkfam als das erftgedachte. Eine Anordnung diefer Art, unter vollftändigem

---

322) Von den Keffelfeuerungen herrührende Schlacken und Steinkohlenafche, möglichft rufsfrei. — Vergl. hierüber auch Art. 28 (S. 44).

Wegfalle der Füllung, ift nach dem Mufter leichter amerikanifcher Holzhäufer in Fig. 92 (S. 57) dargeftellt.

226.
Abfonderung der Decke im engeren Sinne vom Gebälke

Das zweite der angegebenen Hauptmittel beruht darauf, dafs man die Decke im engeren Sinne von der Balkenlage völlig abfondert, mit anderen Worten, dafs man zwifchen beiden einen Hohlraum anordnet. Diefe Abfonderung mufs eine vollftändige fein, d. h. die einzelnen Teile diefer beiden Schichten dürfen an keiner Stelle miteinander in Zufammenhang ftehen; würde letzteres der Fall fein, fo würde der Hohlraum nicht nur nicht vorteilhaft, fondern fogar fchädlich auftreten; er würde den fortgepflanzten Schall verftärken. Aus gleichem Grunde müffen in den Deckenkonftruktionen überhaupt alle Hohlräume vermieden werden, welche eine gleiche Wirkung hervorbringen könnten; deshalb unterftopfe man auch die Fufsbodenbretter auf das forgfältigfte. Eine vollftändige Abfonderung von Gebälk und Decke wird man allerdings niemals erzielen können, weil die Wände, auf denen die Decken ruhen, ftets eine gewiffe Verbindung diefer beiden Schichten hervorrufen werden; man mufs deshalb dahin trachten, dafs diefelbe möglichft unfchädlich fei.

Ein Verfahren, die in Rede ftehende Abfonderung zu erzielen, wurde bereits in Art. 21 (S. 39) mitgeteilt. Dort wurde aus anderen Gründen das in Fig. 44 (S. 39) dargeftellte Verfahren als zweckmäfsig bezeichnet, wonach die Deckenfchalung nicht an die Unterflächen der eigentlichen Tragbalken, fondern an befondere Fehl- oder Blindbalken genagelt wird; die Unterfläche der letzteren liegt um einige Centimeter tiefer, als jene der erfteren[323]).

Ein anderes Verfahren zu gleichem Zwecke, welches auch für eiferne Deckenkonftruktionen anwendbar ift, befteht darin, dafs man in einigem Abftande unter dem Gebälke eine zweite, leicht ausführbare Decke, die wenig Konftruktionshöhe in Anfpruch nimmt, anbringt. Hierzu find *Rabitz*- und *Monier*-Decken (fiehe Art. 60, S. 71) befonders geeignet, und diefes Mittel kann auch bei fchon beftehenden Decken, welche ftark fchalldurchläffig find, in Anwendung kommen.

Eine grofse Anzahl folcher felbftändiger Deckenkonftruktionen ift in Kap. 6 (S. 184) erörtert.

Die Verwendung der *Rabitz*-Platte als nahezu vollftändig unabhängigen Konftruktionsteiles unter einer Balkenlage ift durch Fig. 119 (S. 70) erläutert; auch die in erfter Linie aus der Rückficht auf Feuerficherheit hervorgegangene amerikanifche Anordnung in Fig. 92 (S. 57) kann hier angeführt werden. Letztere kann jedoch ohne eine gewiffe Verbindung der Decke im engeren Sinne mit den Balken durch die Nägel nicht beftehen, und auch eine ganz felbftändige dünne *Rabitz*- oder *Monier*-Decke würde des ftarken Durchhängens wegen auf Schwierigkeiten ftofsen, weshalb auch fie wenigftens durch Hängefchlingen aus Draht mit den Balken in Verbindung zu bringen fein wird (fiehe Fig. 119, S. 70). Damit die untergehängte Decke dann nicht als Schallboden wirke, decke man fie mit einer dünnen Schicht eines fchlechten Schallleiters (Sand, Afche, Kiefelgur, Torfgrufs) ab (fiehe Fig. 145 u. 146, S. 79). Auch Samenflügel find für diefen Zweck empfohlen[323]); fie werden jedoch als organifcher Stoff und wegen ihrer Feuergefährlichkeit von anderer Seite bekämpft[324]).

227.
Anordnung von Hohlräumen.

Die Anordnung von Hohlräumen in einer fonft vollen Decke als drittes Mittel kommt namentlich bei den aus Thon gebrannten Kaften (Terrakotten) oder Hohlziegeln für die Fachausfüllungen nach den verfchiedenen Muftern (fiehe Fig. 47 [S. 40],

[323]) Vergl.: Deutfche Bauz. 1892, S. 119

[324]) Siehe: Deutfche Bauz. 1892, S. 139.

78 bis 80 [S. 53], 181 [S. 98], 184 bis 195 [S. 101 bis 104] in Frage. Diese Hohlräume wirken in der besprochenen Richtung weniger unmittelbar als mittelbar dadurch, dass sie einerseits die Fussbodenlage von der Deckenlage in mehr oder weniger wirksamer Weise voneinander absondern, andererseits die Herstellung einer sehr dicken und dabei doch nicht allzu schweren Decke aus einem vergleichsweise schlechten Schallleiter ermöglichen. Neben der grossen Dicke verhindern auch die die Gleichmässigkeit des Gefüges störenden Fugen, welche die ganze Decke durchsetzen, eine Schallübertragung durch Schwingungen wie bei einem Schallboden.

Das vierte Mittel, die Zusammensetzung aus mehreren Lagen, kommt namentlich da zur Verwendung, wo die Fachausfüllungen aus plattenartigen Körpern bestehen, also namentlich bei den Betondecken. Platten von in sich gleichartigem Gefüge geben selbst bei ziemlicher Stärke gute Schallböden, namentlich bei grosser Festigkeit. Man kann schalldämpfend auf sie einwirken, wenn man sie auf die ganze Ausdehnung in innige Berührung mit einer unelastischen, weicheren Schicht bringt, welche das Entstehen regelmässiger Schwingungen verhindert. Als ein für Wohnräume häufig schon ziemlich erfolgreiches Mittel ist hier das Belegen einer dünnen Plattendecke aus Beton mit Korkteppich aufzuführen. 228. Zusammensetzung aus mehreren Lagen.

In wirksamerer Gestalt tritt dieses Mittel auf, wenn die feste tragende und gewöhnlich stark schallende Platte zunächst mit einer losen, den Schall schlecht leitenden Schicht bedeckt wird, zu der man z. B. ganz mageren Schlackenbeton verwenden kann. Anordnungen solcher Art für verschiedene Deckenkonstruktionen zeigen Fig. 256 bis 259 (S. 133), 197 (S. 106), 265 (S. 136). Noch wirksamer wird dieses Mittel sein, wenn man die lose, dumpfe Schicht auch oben wieder mit einer festeren für die Fussbodenausbildung abdeckt, da dann die gegenseitige Störung der Schwingungen der dünnen Platten in zwei Ebenen stattfindet. Eine derartige Ausführung ist in Fig. 262 (S. 134) angedeutet.

---

9. Kapitel.

Stärke der Deckenteile und -Unterstützungen.

a) Belastungen.

Die Abmessungen der tragenden Deckenteile hängen vom Eigengewichte der Decken und von der Grösse der zu tragenden Nutzlast ab.

1) Eigengewicht der Decken.

Für die einfacheren Holzbalkendecken und Decken mit eisernen Trägern sind die Eigengewichte in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318 [325]) dieses »Handbuches« bereits angegeben worden; dieser Tabelle wird hier noch hinzugefügt: 229. Eigengewicht.

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Gipsbeton	1400
1 cbm Füllsand	1600
1 cbm Backsteinbeton	1700
1 cbm Kiesbeton	2200

325) 2. Aufl.: Art. 22, S. 17. — 3. Aufl.: Art. 23 u. 24, S. 18 u. 19.

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Schlackenbeton (1 Teil Zement, 3 Teile Sand, 7 Teile Schlacke)	1000 bis 1100
1 cbm Schlackenbeton mit Weiſskalk (4 : 1)	1235
1 cbm Korkſteine	300
1 qm Spreutafeln von *Katz* (ſiehe Art. 43, S. 58)	50
1 cbm Tuffſtein	800 bis 900
1 qm niedrige hohle Thonkaſten (Terrakotten), z. B. Bauart *Laporte* (ſiehe Art. 39, S. 52)	80 bis 90
1 qm hohe hohle Thonkaſten, amerikaniſche (ſiehe Fig. 185 bis 195, S. 101 bis 104)	100 bis 220
1 cbm Aſche	850
1 cbm Bauſchutt	1530
1 qm Gipsdielen von *Mack* für jedes Centimeter Dicke	6,5
1 qm Thonplattenwölbung, Bauart *Guaſtavino* (Fig. 157 u. 158, S. 87)	170 bis 195
1 cbm Mauerwerk aus hohlen Backſteinen	1250
1 qm hohle Gipsblöcke nach *Perrière* (ſiehe Fig. 310 u. 311, S. 155)	50
1 cbm Kieſelgur, etwas feucht	450
1 cbm Kieſelgur, trocken	300
1 cbm Kalkpulver	940
1 cbm Torfſtreu (Torfgruſs)	130
1 cbm Torfſtreu mit etwas Kieſelgur und Kalkpulver	300
1 cbm poriger, gebrannter Thonplatten (ſiehe Fig. 92, S. 57 u. Fig. 118, S. 69) .	1100
1 cbm trockenes Eichenholz	750
1 cbm trockenes Kienenholz	600
1 qm Dielenbelag von Tannenholz bei *d* Centim. Dicke mit Nägeln	6,5 *d*
1 qm *Monier-* oder *Rabitz*-Platten, 1,5 cm dick	35
3 „ „	75
4 „ „	90
5 „ „	110
1 qm in Backſtein zwiſchen Eiſenträgern ½ Stein ſtark gewölbter Decke, einſchl. Fuſsbodenlager und Bretterfuſsboden	375
1 qm desgl. ohne Fuſsboden	325
1 qm desgl., ¼ Stein ſtark, mit Fuſsboden	250
1 qm desgl., ¼ Stein ſtark, ohne Fuſsboden	200
1 qm desgl., in Töpfen gewölbt, 10 cm Topfhöhe	93
13 „ „	101
16 „ „	131
18 „ „	148
26 „ „	196
1 qm einer 4,50 m weiten Spreutafeldecke mit Holzbalken, Fuſsboden, Ausfüllung und Deckenputz, 20 cm Geſamtdicke (nach Fig 95, S. 59)	275
1 qm desgl. mit Eiſenbalken, 20 cm Geſamtdicke (nach Fig. 96, S. 59 u. Fig. 298, S. 150)	200
1 qm Gipsdielendecke mit Eiſenbalken von 6 m Weite mit drei Lagen Gipsdielen, 23 cm Geſamtdicke (nach Fig. 121, S. 71 und 297, S. 149)	160
1 qm Decke mit Tuffſteinausrollung auf Holzbalken, 4,50 m weit, mit Fuſsboden, Ausfüllung und Deckenputz (nach Fig. 74, S. 51)	350
1 qm Gipsbetondecke, einſchl. Träger und Holzfuſsboden, bei 70 cm Trägerteilung, Bauarten *Vaux, Thuasne, Rouſſel* (ſiehe Fig. 147 u. 149, S. 80)	290
1 qm Decke mit gebogenen *Monier*-Platten, 5 cm dick, Schlackenbetonausfüllung, Fuſsboden und Deckenputz (ſiehe Fig. 255, S. 131), einſchl. Träger . . .	330
1 qm Balkendecke mit Tuffſtein ausgerollt, mit Fuſsboden und Deckenputz	370
1 qm mit hohlen Gipsblöcken ausgeſetzte Decke, einſchl. Träger und Fuſsboden, bei 70 cm Trägerteilung (ſiehe Fig. 175, S. 96)	240
1 qm desgl. mit Hohlziegeln ausgeſetzt (ſiehe Fig. 174, S. 96).	270

Es wiegt:	Kilogr.
1 qm Decke in Hohlziegeln gewölbt, einschl. Träger und Fufsboden (fiehe Fig. 160, S. 98)	260
1 qm Decke mit unten ebenen Thonkaften (fiehe Fig. 181, S. 98, 185 u. 186, S. 101, 168, S. 93), einfchl. Träger und Fufsboden	220
1 qm desgl., unten gewölbt (fiehe Fig. 182, S. 99)	220

Bei feltener vorkommenden Deckenkonftruktionen, für welche die Gewichte nach Erfahrung nicht feftftehen, ftellt man zweckmäfsig eine genaue Gewichtsberechnung auf, indem man zuerft den Bodenbelag und die Deckenkonftruktion, dann die Fachausfüllung und fchliefslich das Tragwerk feftftellt, für den unten liegenden Teil jedesmal das ermittelte Gewicht des aufruhenden mit in Rechnung ftellend. Nach diefem Gedankengange follen im folgenden die einzelnen Teile der Decken ihren Abmeffungen nach befprochen werden.

2) Nutzlaft.

230. Nutzlaft.

Die Nutzlaften, welche die Decken zu tragen haben, find bereits in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318[326]) diefes »Handbuches« angegeben worden. Hierzu fei noch bemerkt, dafs die Lagerhäufer der Seehäfen jetzt in den unteren Gefchoffen mit 1500 kg und im oberften Gefchoffe mit 900 kg für 1 qm Deckenfläche berechnet werden; in den zwifchenliegenden Gefchoffen läfst man die Belaftung allmählich abnehmen; doch find vereinzelt auch fchon Deckenlaften von 2000 kg für 1 qm und darüber zu Grunde gelegt.

Nach einem von einem Ausfchuffe des Architekten-Vereines zu Berlin 1885 erftatteten Gutachten, betreffend den Schutz der Perfonen in öffentlichen Verfammlungsräumen, follen als Belaftung durch Menfchengedränge für 1 qm 6 erwachfene Perfonen zu je 75 kg, zufammen 450 kg, gerechnet werden.

b) Abmeffungen der Deckenteile.

Mit Rückficht auf die vielen Fehler, die bezüglich des Einfetzens der Einheiten in die Rechnungen gemacht werden, fei hier befonders hervorgehoben, dafs auf die ftrenge Beibehaltung einmal eingeführter Mafs- und Gewichtseinheiten nicht forgfältig genug geachtet werden kann. Ift z. B. eine Belaftung in Kilogramm für 1 qm eingeführt, fo darf in der ganzen Berechnung keine andere Gewichtseinheit als Kilogramm und keine andere Längeneinheit als Meter vorkommen; Spannungen find demnach dann gleichfalls in Kilogramm für 1 qm einzuführen. Ganz befonders gefährlich im Sinne des Begehens folcher Fehler find die Elaftizitätsziffern. Hat man einmal gewohnheitsgemäfs für Eifen $E = 2\,000\,000$ eingefetzt, fo ift damit das Kilogramm als Kraft und das Centimeter als Längeneinheit für die ganze Rechnung feftgelegt. Brächte man Tonnen oder Meter in diefelbe Rechnung, fo würden unfinnige Ergebniffe folgen. Obwohl das hier Gefagte felbftverftändlich ift, fo wird doch keine Regel fo oft verletzt, wie gerade diefe; fie kann daher nicht fcharf genug betont werden.

1) Stärke der Fufsbodenbeläge.

231. Hölzerne Fufsböden.

Die Stärke der Fufsbodenbeläge entzieht fich in den allermeiften Fällen einer Berechnung. Wenn man bei den gewöhnlichen hölzernen Fufsböden die Bretter

[326]) 2. Aufl.: Art. 24, S. 19 u. 20. — 3. Aufl.: Art. 27, S. 21.

fo berechnet, dafs fie fich bei einer zuläffigen Beanfpruchung von 80 kg für 1 qcm als Träger auf zwei Stützen zwifchen letzteren frei tragen können, fo fallen die Bretterftärken für die gewöhnlichen Balkenteilungen mit Rückficht auf Abnutzung und Durchbiegung zu gering aus. Nur in fchwer belafteten Speichern, zumal bei der in Fig. 25 (S. 21) dargeftellten Konftruktion ohne Balken, werden die Bohlen rechnungsmäfsig ftärker. Hier empfiehlt es fich, die eigentlichen (unteren) Tragbohlen nach den berechneten Mafsen auszuführen, fie dann aber mit einer zweiten, erftere rechtwinkelig kreuzenden, mindeftens 3 cm dicken Bohlenlage abzudecken, welche nach erfolgter Abnutzung allein ausgewechfelt werden kann.

232. Eftriche und Plattenbeläge.

Eftriche aus Gips, Zementmörtel oder Afphalt dürfen nicht als tragende Bauteile angefehen werden; fie bedürfen vielmehr als Unterftützung einer Fachausfüllung, welche die ganze Belaftung aufzunehmen im ftande ift; der Eftrich nimmt nur die Abnutzung auf. Ebenfo bilden die Beläge mit natürlichen Steinplatten, Thonfliefen etc. nur eine fchützende, keine tragende Schicht; auch fie bedürfen daher einer durchlaufenden Unterftützung.

2) Stärke der Ausfüllungen der Balkenfache.

α) Stakung, Wellerung und Einfchub.

233. Gewöhnliche Fachausfüllungen.

Die Wellerung oder Stakung und die Einfchubdecke (fiehe Fig. 62 u. 63 [S. 46], 64 [S. 47], 67 [S. 48], 69 u. 70 [S. 49]) find nicht im ftande, erhebliche Laften aufzunehmen, bedürfen daher des Schutzes durch einen tragfähigen Fufsboden; nur der geftreckte Windelboden (fiehe Fig. 61, S. 46) wird in ländlichen Gebäuden wohl unmittelbar geringen Laften, wie niedrigen Lagen von Futter oder Stroh, ausgefetzt. Ebenfo wird auch der Dübelboden (fiehe Fig. 58 bis 60, S. 43) in der Regel keinen Laften ausgefetzt.

234. Fachausfüllungen mit künftlichen Steinen.

Ebene Fachausfüllungen mit Gipsdielen (fiehe Fig. 121, S. 71), Spreutafeln (fiehe Fig. 93 bis 96, S. 58 u. 59), Tuffteinen (fiehe Fig. 74, S. 51), gebrannten Thonplatten (fiehe Fig. 92, S. 57), Gipsbeton (fiehe Fig. 120 [S. 71], 147 u. 149 [S. 80]), Hohlziegeln (fiehe Fig. 65, S. 48), porigen Ziegeln, hohlen Gipsblöcken (fiehe Fig. 66, S. 48), hohlen Thonkaften (fiehe Fig. 77 [S. 52], 78 [S. 53], 80 [S. 53], 181 bis 195 [S. 98 bis 104]) können zwar grofsenteils, namentlich bei Konftruktionen wie in Fig. 65 (S. 48), 80 (S. 53), 181 bis 195 (S. 98 bis 104), erhebliche Laften tragen, deren Gröfse in den früheren Mitteilungen über Belaftungsverfuche angegeben ift; in der Regel erhalten fie jedoch keine Laft, da diefe von nur lofe oder gar nicht auf der Ausfullung ruhenden Hölzern oder Brettern auf die Balken oder Träger gebracht wird. Notwendig ift diefe Entlaftung bei den Konftruktionen in Fig. 77 (S. 52), 92 (S. 57), 120 (S. 71), 147 u. 149 (S. 80), da diefe wenig Tragfähigkeit befitzen.

β) Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.

235. Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.

Die Tragfähigkeit der aus einzelnen Teilen — gewöhnlichen porigen oder hohlen Ziegeln, Gips- oder Thonkaften — zufammengefetzten Ausfüllungsplatten nach Kap. 4 (unter b, 3, α, S. 154 und b, 4, α, S. 157) hängt, da fie auf Biegung beanfprucht werden, lediglich von der Zugfeftigkeit des die Fugen füllenden Mörtels und vom Grade des Anhaftens des Mörtels an den die Platte bildenden Körpern ab. Die Dicke der Platte d ift bei der Trägerteilung b, der Nutzlaft p für die Flächeneinheit, dem Gewichte g der Flächeneinheit des Fufsbodens und der Ueberfullung, dem

Gewichte γ der Raumeinheit der Platte und der zuläſſigen Beanſpruchung s des Fugenmörtels auf Zug für die Flächeneinheit zu beſtimmen nach der Formel:

$$d = \frac{3b^2}{2s}\left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{(p+g)\,s}{3b^2}}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1.$$

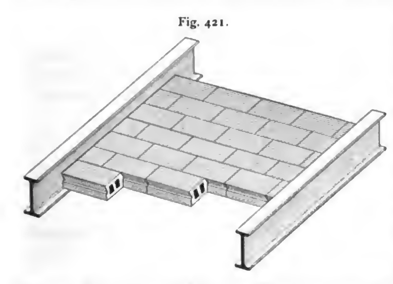
Beiſpiel. Ein hölzerner Bretterfuſsboden von 3^{cm} Dicke mit 8^{cm} Unterfüllung aus Schlackenbeton wiegt für 1^{qm} ($g =$) $0{,}03 \cdot 600 + 0{,}08 \cdot 1230 = 116^{kg}$ und hat ($p =$) 500^{kg} Nutzlaſt auf 1^{qm} zu tragen. Die Teilung b der eiſernen Träger ſei $0{,}80^{m}$ und das Gewicht der Platte für Hohlziegel ($\gamma =$) 1250^{kg} für 1^{cbm}. Die Fugen werden in Zementmörtel der Miſchung 1 : 3 ausgeführt, welchem mit Sicherheit nur ($s =$) $25\,000^{kg}$ Zug auf 1^{qm} zugemutet werden dürfen. Alsdann muſs ſein

$$d = \frac{3 \cdot 0{,}8^2}{2 \cdot 25\,000}\left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{(500+116)\,25\,000}{3 \cdot 0{,}8^2}}\right] = 0{,}122^{m}.$$

Die oft erheblichen Hohlräume dieſer Platten brauchen bei der Berechnung nicht berückſichtigt zu werden, da ſie der Plattenmitte nahe liegen, ihre Ausfüllung alſo das Widerſtandsmoment nur wenig vergröſsern würde, und da immer in den lotrechten Stein- oder Kaſtenwandungen, ſowie im Mörtel der Querfugen genügend ſtarke Stege verbleiben, um die obere und untere Stein- oder Mörteldecke als Plattengurtungen wirken zu laſſen.

Aus beſonderen ſtatiſchen Erwägungen ſind die neuerdings in groſser Zahl eingeführten, mit den Längsſeiten gegenſeitig verfalzten Lochſteine nach Fig. 321, 322, 323, 327, 330, 331, 333 u. 344 (S. 160 bis 166) hervorgegangen, bei denen die Stoſsfugen in zwei aufeinander folgenden Reihen nach Fig. 334 (S. 163) u. 421 um halbe Steinlänge verſetzt werden. Bei dieſen Platten kann, wie auch nach Fig. 335 (S. 163) u. 337 (S. 164), aus der fertigen Platte kein einzelnes Stück herausgenommen werden, ohne mehrere andere zu zerſtören, auch wenn die Fugen gar keinen Mörtel enthalten. Daraus folgt ohne weiteres, daſs dieſe Platten eine gewiſſe, von der Feſtigkeit der Steine, der Stärke der Falzrippen und dem genauen Ineinanderpaſſen der Stücke abhängige Tragfähigkeit beſitzen, auch wenn ſie ganz trocken verſetzt werden; dies iſt auch in der That durch Belaſtungsverſuche bewieſen. Es empfiehlt ſich aber trotzdem nicht, die Belaſtungsfähigkeit ſolcher Platten durch Erſparung des Mörtels auf dieſe Umſtände zu begründen oder auch die Stärkenberechnung auf ihnen aufzubauen; denn der Stoff gewöhnlicher Strangpreſſenſteine iſt zu ungleichmäſsig, um ſich auf ſeine Tragfähigkeit, namentlich in den zarten Falzrippen, allein verlaſſen zu können, auch werden die Falzfugen in der Regel nicht ſo genau paſſend ſchlieſsen, daſs nicht bis zum gegenſeitigen Verſpannen der Stücke Spielräume zu überwinden wären, was dann durch vergleichsweiſe ſtarkes Durchhängen der Platte unter der Laſt in die Erſcheinung treten würde. Bei in leidlich gutem Mörtel verſetzten Platten ergeben Belaſtungsverſuche aber ſtets gerade, glatte Brüche in der Plattenmitte in der Richtung der Balken, ebenſo, wie in einer un-

Fig. 421.



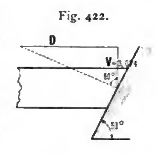
verfalzten Platte, und der dieser Zerstörung entsprechenden Beanspruchung wirkt die Verfalzung nicht entgegen. Daher empfiehlt es sich, die verfalzte Platte ebenso zu berechnen, wie die unverfalzte. Ein Vorteil erwächst aus der Verfalzung beim Mauern, das dabei in der Regel ohne Rüstung erfolgen kann (vergl. Art. 164 u. 165 S. 159), und dadurch, dafs die gefalzten Fugen einen dichteren Schlufs und gröfsere Haftfläche des Mörtels ergeben.

Besonders wichtig ist für alle derartigen Platten die sorgfältigste Füllung der Stofsfugen mit Mörtel, da diese Mörtelfüllung oben und unten unmittelbar Bestandteile der Druck- und Zuggurtung der Platte bilden, Unvollständigkeiten der Fugenfullung also der Beseitigung gewisser Teile dieser Druck- und Zugquerschnitte gleichkommen.

236. Platten ohne Einlagen mit Längsdruck.

In Kap. 4 ist unter c (in Art. 193, S. 175 und in Art. 110, S. 116) bereits auseinander gesetzt, dafs ein Längsdruck in der Vereinigung mit dem Biegungsmoment günstig auf derartige Plattenkörper wirkt. Dieser kann in einfacher Weise z. B. dadurch erzielt werden, dafs man die Platte mit schrägen Abschlufsflächen versieht und sie als Keil zwischen dreieckige in die Träger geputzte Lagerleisten setzt. Um zu verhindern, dafs die Keilwirkung durch Anbinden des zur Erzielung satten Aufsitzens nötigen Mörtels an die Lagerleiste aufgehoben oder beeinträchtigt wird, könnte hier das Einlegen dünner Bleche in die Lagerfuge, wie in Fig. 398 (S. 188) in Frage kommen.

Fig. 422.



Werden die obigen Bezeichnungen beibehalten, ist M das gröfste Biegungsmoment und D der Längsdruck, so ist, wenn noch zur Unterscheidung die Zugkantenspannung mit s_z, die Druckkantenspannung mit s_d bezeichnet wird, zu machen:

$$d = \frac{1}{s_z}\left[-\frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + 6\,M s_z}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2.$$

oder, wenn eine bestimmte Plattendicke gegeben ist, so beträgt

$$s_z = \frac{6M}{d^2} - \frac{D}{d} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6M}{d^2} + \frac{D}{d} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 3.$$

Die Lage der Spannungsnulllinie ist nun nicht mehr in der Plattenmitte, sondern um

$$z = \frac{d}{2}\left(1 - \frac{D\,d}{6M}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 4.$$

von der gezogenen Plattenkante entfernt.

Werden diese Formeln in Centim. als Einheit auf das vorstehende Beispiel angewendet, so ist die Last für 1^{qcm} der Decke festzustellen mit $0{,}01 \cdot 0{,}01\ (116 + 500 + 0{,}122 \cdot 1250) = 0{,}07685^{kg}$, wenn die oben berechnete Plattendicke vorläufig beibehalten wird, obwohl sich auf diese Weise ein etwas zu ungünstiges Gewicht ergiebt.

Die auf einen Plattenstreifen von 1^{cm} Breite kommende Last ist $80 \cdot 0{,}07685^{kg} = 6{,}148^{kg}$, der lotrechte Lagerdruck $3{,}074^{kg} = V$. Wird das Lager unter 60 Grad gegen die Wagrechte geneigt, so entsteht $D = V \cdot \mathrm{tg}\, 60^0 = 3{,}074 \cdot 1{,}732$ (Fig. 422), als $D = 5{,}317^{kg}$ und $M = \frac{0{,}07685 \cdot 80^2}{8} = 61{,}48^{cmkg}$.

Demnach müfste nun bei $s_z = 25000^{kg}$ für $1^{qm} = 2{,}5^{kg}$ für 1^{qm} nach Gleichung 2

$$d = \frac{1}{2{,}5}\left[-\frac{5{,}317}{2} + \sqrt{\left(\frac{5{,}317}{2}\right)^2 + 6 \cdot 61{,}48 \cdot 2{,}5}\right] = 11{,}1^{cm} = \sim 11^{cm}$$

sein, und dann würde an der Oberseite nach Gleichung 3 ein Druck von $s_d = \frac{6 \cdot 61{,}48}{11^2} + \frac{5{,}317}{11}$

$= 3{,}31^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} entftehen. Die Nulllinie liegt nach Gleichung 4 um $z = \frac{11}{2}\left(1 - \frac{11 \cdot 5{,}317}{6 \cdot 61{,}48}\right) = 4{,}62^{\text{cm}}$ über der Plattenunterkante.

Wäre die Stärke von $12{,}2^{\text{cm}}$ beibehalten, fo wäre die Zugfpannung nach Gleichung 3 auf $s_z = \frac{6 \cdot 61{,}48}{12{,}2^2} - \frac{5{,}317}{12{,}2} = 1{,}99^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} herabgegangen.

Aus diefen Zahlen leuchtet der Vorteil der Erzeugung des Längsdruckes für die Platte ohne weiteres ein. Es ift aber zu betonen, dafs nun auch die unterftützenden Balken im ftande fein müffen, den aus der Verkehrslaft und am Rande der Balkenlage auch den aus der Eigenlaft der Decke folgenden, wagrechten Druck aufzunehmen, dafs alfo der günftigeren Bildung der Platte Mehraufwendungen in der Balkenlage gegenüberftehen. Diefe Frage der feitlichen Belaftung der Balken wird bei der Berechnung der letzteren erörtert werden.

237. Veränderlichkeit der Elaftizitätsziffern.

Den angegebenen Formeln liegen die Annahmen zu Grunde, dafs die Elaftizitätsziffer des Plattenkörpers fowohl für verfchiedene Gröfse, als auch für verfchiedenen Sinn der Spannungen unveränderlich fei. Dies trifft nun beides nicht ftreng zu[327]; jedoch kann bei den verhältnismäfsig geringen, thatfächlich vorkommenden Spannungen die erftere Annahme der Unabhängigkeit der Elaftizitätsziffer von der Gröfse der Spannung hier als genügend genau angefehen werden.

Merklicher ift dagegen die Veränderlichkeit der Elaftizitätsziffer mit dem Sinne der Spannung, für deren Berückfichtigung die obigen Gleichungen wiederholt werden follen. Die Elaftizitätsziffer für Zug wird mit E_z, diejenige für Druck mit E_d und das Verhältnis beider $E_z : E_d$ mit α bezeichnet; für die meiften in Frage kommenden Körper ift dann $E_z < E_d$, alfo $\alpha < 1$.

Die Dicke einer nur auf Biegung in Anfpruch genommenen Platte folgt unter Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnungen nach

$$d = \frac{3\,(1+\sqrt{\alpha})\,b^2}{4\,s_z}\left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{2\,(p+g)\,s_z}{3\,(1+\sqrt{\alpha})\,b^2}}\right]; \quad \ldots \quad 5.$$

bei gegebener Plattendicke ift

$$s_z = \frac{3\,(1+\sqrt{\alpha})\,M}{d^2} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{s_z}{\sqrt{\alpha}}, \quad \ldots \quad 6.$$

und die Spannungsnulllinie liegt um

$$z = \frac{d}{1+\sqrt{\alpha}} \quad \ldots \quad 7.$$

von der gezogenen Aufsenkante entfernt aufserhalb der Mitte.

Werden hier wieder die Zahlen des Beifpieles auf S. 205 eingeführt: $\gamma = 1250^{\text{kg}}$ für 1^{cbm}, $g = 116^{\text{kg}}$ für 1^{qm}, $p = 500^{\text{kg}}$ für 1^{qm}, $b = 0{,}80^{\text{m}}$ und wird noch angenommen, dafs für die verwendeten Stoffe $\alpha = 0{,}75$ fei, was für viele Fälle etwa zutrifft, fo ift $\sqrt{\alpha} = 0{,}866$, $1 + \sqrt{\alpha} = 1{,}866$, alfo nach Gleichung 5

$$d = \frac{3 \cdot 1{,}866 \cdot 0{,}8^2}{4 \cdot 25000}\left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{2\,(116+500)\,25000}{3 \cdot 1{,}866 \cdot 0{,}8^2}}\right] = 0{,}1167^{\text{m}},$$

und dann wäre $s_d = \frac{25000}{0{,}866} = 28900^{\text{kg}}$ für 1^{qm}.

Würde die Dicke $d = 0{,}122^{\text{m}}$ des obigen Beifpieles beibehalten, fo würde nach Gleichung 6 für $M = \frac{61{,}48 \cdot 100}{100}$ mkg: $s_z = \frac{3 \cdot 1{,}866 \cdot 61{,}48}{0{,}122^2} = 23050^{\text{kg}}$ und $s_d = \frac{23100}{0{,}866} = 26600^{\text{kg}}$ für 1^{qm}, und die Nulllinie liegt nach Gleichung 7: $z = \frac{0{,}122}{1{,}866} = 0{,}0653^{\text{m}}$ über der Unterkante, alfo über der Plattenmitte.

---

[327]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1895, S. 489; 1896, S. 1381, fowie mehrere fpätere Auffätze derfelben Zeitfchrift — Ferner: Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1901, Heft 2.

Dieſe Zahlen zeigen, daſs es für ſolche gebogene Körper mit niedrigen zuläſſigen Zugſpannungen günſtig iſt, wenn die Elaſtizitätsziffer für Zug geringer iſt als diejenige für Druck. Die Nulllinie rückt dann nach der gedrückten Seite; die Kantendruckſpannung ſteigt, und die Zugſpannung nimmt ab.

Wirkt nun auſser dem Moment eine Längskraft auf die Platte, ſo laſſen ſich bei gleichzeitiger Berückſichtigung verſchiedener Elaſtizitätsziffern für Zug- und Druckſpannung ſo einfache und geſchloſſene Formeln, wie in den früheren Fällen, nicht mehr aufſtellen.

In einem derartigen Falle nehme man die Plattendicke d ſchätzend an und prüfe dieſe dann auf die auftretenden Spannungen nach folgendem Rechnungsgange (Fig. 423).

Zunächſt beſtimme man den Abſtand z der Nulllinie von der gezogenen Kante nach

$$z^3 \frac{D}{6}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)-z^2 \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)\left(M+\frac{Dd}{2}\right)+z\frac{Md}{\alpha}=\frac{d^2}{2\alpha}\left(M-\frac{Dd}{6}\right) \quad . \quad 8.$$

Fig. 423.

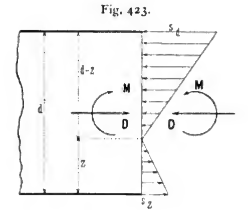
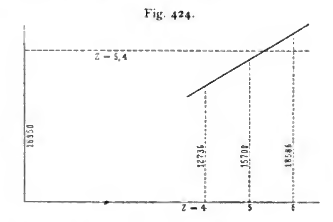


Fig. 424.



Die Löſung wird, da der Wert von z nicht weit von $\frac{d}{2}$ zu liegen pflegt, am beſten durch Verſuch hergeſtellt, wie im nachfolgenden Beiſpiele gezeigt wird. Iſt z gefunden, ſo iſt

$$s_z = \frac{2D}{\frac{(d-z)^2}{\alpha z} - z} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{d-z}{\alpha z} s_z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

Wird auch hier, wie zu Gleichungen 2 bis 4, das obige Beiſpiel in Centim. als Einheit beibehalten, demnach $d = 12{,}2$ cm eingeführt, ſo bleibt $M = 61{,}45$ cmkg, $D = 5{,}317$ kg, $\alpha = 0{,}75$, und es iſt $\frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{3}$, $\frac{Dd}{2} = \frac{5{,}317 \cdot 12{,}2}{2} = 32{,}5$ und $\frac{Dd}{6} = \frac{5{,}317 \cdot 12{,}2}{6} = 10{,}8$. Demnach lautet Gleichung 8:

$$z^3 \frac{5{,}317}{6} \frac{1}{3} - z^2 \frac{61{,}45 + 32{,}5}{2 \cdot 3} + z \frac{61{,}45 \cdot 12{,}2 \cdot 4}{3} = \frac{12{,}2^2 \cdot 4}{2 \cdot 3}(61{,}45 - 10{,}8) \text{ oder}$$

$$z^3 - z^2 \cdot 53{,}6 + z \cdot 3380 = 16950.$$

Man ſetze, da z vermutlich zwiſchen 5 und 6 liegt, $z = 4$ cm, $z = 5$ cm und $z = 6$ cm und rechne jedesmal den Wert der linken Seite aus; dann ergeben ſich die drei Zahlen 12736, 15700 und 18586. Man trage z wagrecht, die drei Zahlen entſprechend lotrecht auf (Fig. 424), lege durch die drei Punkte eine Linie und bringe dieſe zum Schnitte mit der Wagrechten, die um 16950 über der Grundlinie gezogen iſt (Fig. 424). Dieſer Schnittpunkt liefert mit $z = 5{,}4$ cm die Löſung, alſo $d - z = 12{,}2 - 5{,}4 = 6{,}8$ cm und nach Gleichung 9

$$s_z = \frac{2 \cdot 5{,}317}{\frac{6{,}8^2 \cdot 4}{3 \cdot 5{,}4} - 5{,}4} = 1{,}77 \text{ kg} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6{,}8 \cdot 4}{3 \cdot 5{,}4} 1{,}77 = 2{,}97 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Durch die keilige Lagerung, alfo die Erzeugung von Längsdruck, und die Berückfichtigung der Verfchiedenheit der Elafticitätsziffern für Zug und Druck ift demnach die gröfste Zugfpannung von $2{,}5$ kg auf $1{,}77$ kg für 1 qcm herabgegangen, die gröfste Druckfpannung von $2{,}5$ auf $2{,}97$ kg für 1 qcm gefteigert, fo dafs die Platte alfo erheblich leiftungsfähiger erfcheint. Soll die Zugfpannung von $2{,}5$ kg für 1 qcm beibehalten werden, fo kann die Platte dünner fein; man hätte alfo die Rechnung mit einer neuen Annahme für d, etwa gleich 11 cm, zu wiederholen und zu prüfen, ob Gleichung 9 mit dem aus Gleichung 8 zu entnehmenden z nun für s_z $2{,}5$ kg für 1 qcm liefert.

Uebrigens ift zu betonen, dafs der Wert $\alpha = E_z : E_d$ erft für wenige Bauftoffe und ihre Zufammenfetzungen mit einiger Sicherheit feftgeftellt ift; auf diefem Gebiete bleibt noch viel zu thun übrig.

Da das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, fo wird bei ihrer Berechnung auf die Gleichungen 2 bis 4 u. 8, 9 zurückgegriffen werden.

238. Ebene Betonplatten.

Ebene Betonplatten (Fig. 256 bis 259, S. 133[328]) unterfcheiden fich hinfichtlich der Stärkenbeftimmung von den eben befprochenen Fachausfullungen nicht, welche nach Gleichung 1 bis 9 erfolgt. Da jedoch der Beton infolge des gleichmäfsigen Gefüges mehr Sicherheit gegen Zugbeanfpruchung befitzt als eine Platte aus einzelnen durch Fugen getrennten Körpern, für welche nicht eigentlich die Zugfeftigkeit des Mörtels, fondern nur das von mancherlei Zufälligkeiten abhängige Anhaften des Mörtels an den Steinen in Frage kommt, fo kann die zuläffige Zugbeanfpruchung s_z hier höher — bei den fetteren Betonarten und guter Herftellung bis 40000 kg für 1 qcm — angenommen werden. Eine Ueberfullung aus Schlackenbeton (Fig. 256 u. 257, S. 133) kann, wenn fie unmittelbar auf der ganz frifchen Betondecke eingeftampft ift, als mit zur berechneten Plattendicke gehörend angefehen werden, da die wegen der geringen zuläffigen Zugfpannungen einzuhaltenden niedrigen Druckfpannungen auch von diefem mangelhafteren Bauftoff reichlich aufgenommen werden können. Es ift aber darauf zu halten, dafs im Bereiche z (Fig. 423) der Zugfpannungen ftets nur befter und dichter Beton liegt. Deshalb ift bei den obigen Formeln auch die Lage der Spannungsnulllinie als Begrenzung von z angegeben.

γ) Mauerwerks- und Mörtelplatten mit Eifeneinlagen; Verbundkörper.

239. Platten mit Eifeneinlagen.

In Kap. 4, unter a, 3, β (Art. 104 [S. 110] bis 112 [S. 118]) find die allgemeinen Ziele des Einlegens von Eifen und das Zufammenwirken der Bauftoffe eingehend erörtert. Dort wurde feftgeftellt, dafs man die Berechnung je nach der Unzuläffigkeit oder Zuläffigkeit des Entftehens feiner Riffe oder auch nach den neueften Erfahrungen unter Berückfichtigung der Streckung der gezogenen Konftruktionsteile auf verfchiedenen Grundlagen aufzubauen hat:

im erften Falle unter Einhaltung der zuläffigen Zuggrenze der Umhüllung für die gröfste Zugfpannung s_{mz} unter Einführung einer geringen Dehnungsziffer $1/E_m$ oder hohen Elafticitätsziffer E_m und bei der Unmöglichkeit, die Spannung s_e des Eifens auf die fonft übliche Höhe zu bringen;

im zweiten Falle unbekümmert um die Höhe der in der Umhüllung entftehenden Zugfpannungen blofs unter Einhaltung der zuläffigen höchften Druckfpannung s_{md} der Umhüllung, unter Einführung einer höheren Dehnungsziffer $1/E_m$ oder niedrigerer Elafticitätsziffer E_m behufs voller Ausnutzung der zuläffigen Spannung s_e des Eifens.

Streng genommen müfste im erften Falle noch auf die in Kap. 4 unter a, 3, β (Art. 104, S. 113) und in Kap. 9, unter b, 2, β (Art. 237, S. 207) betonte Verfchiedenheit der Elafticitätsziffern E_{mz} und E_{md} für Zug und Druck in der Umhüllung Rückficht genommen werden; doch werden dadurch die an fich fchon nicht

328) Vergl.: Art. 126 (S. 132) — ferner: ENGESSER, F. Ueber die Feftigkeit von Beton-Bogen. Deutfche Bauz. 1881, S. 580.

ganz einfachen Unterfuchungen zu fehr erfchwert, und der bei dem vergleichsweife geringen Einfluffe diefes Umftandes erzielte Erfolg entfpricht dem an diefer Stelle anzuftrebenden Grade von Schärfe nicht mehr. Die neuere Litteratur enthält übrigens eine fehr grofse Anzahl von Bearbeitungen diefer Fragen, auf die wir hier verweifen[329].

Für die dritte Grundlage der Berechnung: die Ausnutzung der Spannung in den gezogenen Konftruktionsteilen bis zur Streckgrenze (fiehe Art. 105, S. 113), werden weiter unten noch befondere, von den hier eingeführten etwas abweichende Bezeichnungen eingeführt werden.

α) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; Entftehen von Riffen ift unzuläffig.

240. Platte nur gebogen; Riffe unzuläffig.

Für die Längeneinheit des Plattenquerfchnittes ift das Moment M, für die Teilung t der Einlagen, alfo tM aufzunehmen; bezüglich der Eifeneinlagen des Einzelquerfchnittes f wird keine befondere Annahme über die Form, übrigens blofs die gemacht, dafs der Querfchnitt im Vergleiche mit der Platte nur geringe Höhe hat, fo dafs gleichmäfsige Spannung des Eifenquerfchnittes vorausgefetzt werden kann; bei hochkantig geftellten Bandeifen ift dies beifpielsweife fchon nicht mehr zuläffig, da diefe erhebliche Biegungen erleiden und daher nicht in allen Teilen ihrer Höhe diefelbe Spannung aufnehmen. Da wegen der Forderung der Freiheit von Riffen gleiche Längenänderungen des Eifens und der Umhüllung gewahrt bleiben müffen, fo müffen fich gemäfs $s_e : E_e = s_m : E_m$ die Spannungen s_e des Eifens und s_m der Umhüllung verhalten, wie die Elaftizitätsziffern E_e und E_m. Wird $E_e : E_m = n$ gefetzt, fo ift alfo $s_e : s_m = n$ oder $n s_m = s_e$. Die Leiftung des Eifens ift $f s_e = f n s_m$, d. h., nimmt man auch für das Eifen die Spannung s_m der Umhüllung an, fo ift die Gröfse des Eifenquerfchnittes mit nf einzuführen; hiernach kann gerechnet werden, wie wenn diefer neu zufammengefetzte Querfchnitt allein aus dem Stoffe der Umhüllung beftände.

Fig. 425.

241. Platte mit zwei Einlagen.

Wird der Teil des Plattenquerfchnittes zwifchen zwei Einlagen noch $F = dt$ (Fig. 425) und der Abftand des Schwerpunktes der Eifeneinlage von der Aufsenkante a genannt, find ferner zwei gleich weit von der Mitte liegende Einlagen da, fo find Widerftandsmoment W''

[329] WAYSS, G. A. Das Syftem Monier etc. Berlin 1887.
Deutfche Bauz. 1886, S. 297.
Recherches fur la théorie des ciments armes. Sonderfchrift von PLANAT. Paris 1894.
Annales des travaux publics de Belgique 1898, Bd. III, S. 487.
Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 190; 1886, S. 462; 1900, S. 83, 93.
Schweiz. Bauz., Bd. XXV (1895), S. 31; Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXXIII (1899), S. 41, 49; Bd. XXXV (1899), S. 235; Bd. XXXVI (1900), S. 129.
Nouv. annales de la conftr. 1899, S. 1; 1898, S. 12 ff.
Revue induftr. 1898, S. 48; 1899, S. 28, 108, 119.
Le génie civil, Bd. XXXIV (1899), S. 213, 229, 244, 260.
Zeitfchr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., S. 897, S. 314.
Oefterr. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 465.
Gewölbebericht des öfterreichifchen Ingenieur- u. Architekten-Vereines. Zeitfchrift diefes Vereines 1895, Nr. 20 bis 34. Auch als Sonderabdruck im Selbftverlage des Vereines.
Zeitfchr. des öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 365, 305, 593, 606; 1897, S. 351, 364; 1899, S. 539; 1901, S. 97, 117.
Annales des ponts et chauffées, Serie 7, Bd. IX (1895), S. 604.
Wochfchr. des öft. Ing.- und Arch.-Ver. 1890, S. 209 u. 224.
Bauing.-Ztg. 1901, S. 9.
Revue technique de l'expofition univerfelle de 1900. Teil 1, Bd. 2. Paris 1900. S. 36 ff.
Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1901, S. 134.
Allg. Bauz. 1901, S. 19.

und die Kantenſpannung der Umhüllung (Fig. 425) ſowohl auf der Zug-, als auch auf der Druckſeite bei der angenommenen Plattendicke d

$$W'' = \frac{Fd}{6} + nf\left(d - 4a\frac{d-a}{d}\right), \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W''}, \quad s_e = n s_m \frac{d-2a}{d} \quad . \quad . \quad . \quad 10.$$

Die Löſung nach d iſt in geſchloſſener Form nur für den meiſt zutreffenden Fall herzuſtellen, daſs a gegen d klein, alſo $\frac{d-a}{d} = 1$ zu ſetzen iſt; dann ergiebt ſich bei p Kilogr. bleibender Auflaſt, g Kilogr. Verkehrslaſt auf der Flächeneinheit und γ Kilogr. Eigenlaſt der Inhaltseinheit der Platte, ferner bei der Stützweite b der Näherungswert

$$d = \frac{3}{t}\left[\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf + \sqrt{\left(\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf\right)^2 + \frac{t}{3}\left(8nfa + \frac{(p+g)\, b^2 t}{4 s_{mz}}\right.}\,\right] \quad . \quad . \quad 11.$$

Soll z. B. eine Platte mit $s_{mz} = 40000^{kg}$ auf 1^{qm} für 120^{kg} auf 1^{qm} Fuſsbodengewicht, 1000^{kg} auf 1^{qm} Verkehrslaſt und 1^{m} Balkenteilung unter Einlegen von je zwei 1^{cm} ſtarken Drähten in 4^{cm} Teilung, $1{,}5^{cm}$ mit den Mitten von der Ober- und Unterfläche aus Beton von 2200^{kg} auf 1^{cbm} Gewicht gebildet werden, iſt dabei $E_m = 200000^{kg}$ und $E_e = 2000000^{kg}$ auf 1^{qcm}, alſo $n = 10$, ſo iſt $f = \frac{0{,}01^2 \pi}{4} = 0{,}0000785^{qm}$, und annähernd

$$d = \frac{3}{0{,}04}\left[\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0{,}04}{3 \cdot 40000} - 10 \cdot 0{,}0000785 \right.$$
$$\left. + \sqrt{\left(\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0{,}04}{8 \cdot 40000} - 10 \cdot 0{,}0000785\right)^2 + \frac{0{,}04}{3}\left(8 \cdot 10 \cdot 0{,}0000785 \cdot 0{,}015 + \frac{(120+1000)\, 1^2 \cdot 0{,}04}{4 \cdot 40000}\right.}\,\right]$$
$$= 0{,}134^{m}.$$

Da die Formel für d nur näherungsweiſe richtig iſt, ſo empfiehlt es ſich, nachzurechnen, welche Spannung nach Gleichung 10 im Beton entſteht. Es iſt

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0{,}134) \cdot 1^2}{8} = 177^{mkg} \text{ für } 1^{m} \text{ Platte}, \quad F = 0{,}04 \cdot 0{,}134 = 0{,}00535^{qm}, \text{ alſo}$$

$$s_{mz} = \frac{177 \cdot 0{,}04}{\frac{0{,}00535 \cdot 0{,}134}{6} + 10 \cdot 0{,}0000785\left(0{,}134 - 4 \cdot 0{,}015\,\frac{0{,}134 - 0{,}015}{0{,}134}\right)} = 39000^{kg} \text{ auf } 1^{qm}.$$

Gleichung 11 liefert demnach die Plattendicke um ein Geringes zu groſs.

Ohne die Eiſeneinlagen hätte die Platte nach Gleichung 1

$$d = \frac{3 \cdot 1^2}{2 \cdot 40000}\left[\frac{2200}{4} + \sqrt{\left(\frac{2200}{4}\right)^2 + \frac{(120+1000) \cdot 40000}{3 \cdot 1^2}}\,\right] = 0{,}167^{m}$$

ſtark ſein müſſen. Sehr erheblich iſt alſo der Gewinn durch die Eiſeneinlagen nicht, wie bei der ſehr geringen Ausnutzung des Eiſens nach Gleichung 10 mit nur $s_e = 40000 \cdot 10\,\frac{0{,}134 - 2 \cdot 0{,}015}{0{,}134} = 310000^{kg}$ auf $1^{qm} = 31^{kg}$ auf 1^{qcm} Spannung zu erwarten war.

Fig. 426.

242. Platte mit Einlage auf der Zugſeite.

Wird die Platte dagegen für die Aufnahme von Biegungsmomenten nur in einem Sinne bloſs auf der Zugſeite einſeitig mit Drähten ausgeſtattet, ſo ergiebt ſich die gröſste Zugſpannung s_{mz} in der Betonkante, wenn zu den früheren Bezeichnungen noch $F : f = r$ eingeführt wird (Fig. 426) nach

$$W' = \frac{F\left[\frac{d^2}{3}\left(1 + \frac{r}{n}\right) + (d - 2a)^2\right]}{2\left(d\frac{r}{n} + 2a\right)}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W'}, \quad 12.$$

und der Abftand ζ des Gefamtfchwerpunktes von der Plattenmitte nach

$$\zeta = \frac{d - 2a}{2\left(1 + \frac{r}{n}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 13.$$

Wird unter Beibehaltung der Zahlenwerte des letzten Beifpieles für eine $0{,}134^m$ dicke Platte die Spannung für die Ausbildung mit einfeitiger Einlage ausgerechnet, fo folgt, unter Einfetzung von W'' in s_{mz} für $r = 0{,}00535 : 0{,}0000785 = 68{,}2$, nach Gleichung 12

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0{,}04 \cdot 177 \left(0{,}134 \frac{68{,}2}{10} + 2 \cdot 0{,}015\right)}{0{,}00535 \left[\frac{0{,}134^2}{3}\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right) + (0{,}134 - 2 \cdot 0{,}015)^2\right]} = 43\,500^{kg} \text{ auf } 1^{qm}.$$

Soll alfo $s_{mz} = 40\,000^{kg}$ auf 1^{qm} beibehalten werden, fo ift die Platte bei diefer Ausbildung etwas dicker zu machen.

Die für eine Platte ohne Einlage ausgerechnete Stärke von $0{,}167^m$ giebt für das Moment

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0{,}167) \cdot 1^2}{8} = 186^{mkg},$$

und bei Anordnung einer einfeitigen Einlage

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0{,}04 \cdot 186 \left(0{,}167 \frac{68{,}2}{10} + 2 \cdot 0{,}015\right)}{0{,}00535 \left[\frac{0{,}167^2}{3}\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right) + (0{,}167 - 2 \cdot 0{,}015)^2\right]} = 35\,500^{kg} \text{ auf } 1^{qm}.$$

Die Konftruktion mit einfeitigen Einlagen liegt alfo etwa mitten zwifchen denjenigen mit zwei und ohne Einlagen, jedoch etwas näher an erfterer; man würde mit ihr etwa bei $d = 0{,}145^m$ auf $s_{mz} = 40\,000^{kg}$ auf 1^{qm} kommen. Dabei betrüge der Schwerpunktsabftand ζ nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{0{,}145 - 2 \cdot 0{,}015}{2\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right)} = 0{,}0073^m.$$

243. Einlagen mit eigener erheblicher Steifigkeit.

Haben die Einlagen folche Form und Querfchnittsgröfse f, dafs ihr **eigenes Trägheitsmoment** i **von Einflufs wird**, fo ift für **Platten mit zwei Einlagen** (Fig. 425) das Widerftandsmoment für eine Teilung t der Einlagen

$$W'' = F\frac{d}{6} + nf\left(d - 4a\frac{d-a}{d}\right) + \frac{4n \cdot i}{d}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W''} \quad \ldots \quad 14.$$

zu fetzen, wobei der Schwerpunkt in der Mitte liegt; fur **Platten mit einfeitiger Einlage** (Fig. 426) wird das Widerftandsmoment für eine Teilung t

$$W' = \frac{F\left[\frac{d^2}{3}\left(1 + \frac{r}{n}\right) + (d - 2a)^2\right] + 4ni\left(1 + \frac{r}{n}\right)}{2\left(d\frac{r}{n} + 2a\right)}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W'} \quad . \quad 15.$$

Der Schwerpunktsabftand ζ von der Mitte folgt nach Gleichung 13.

Hiernach möge die Tragfähigkeit einer *Kleine*'fchen Decke von 12^{cm} Dicke und 100^{cm} Traglänge mit Bandeifeneinlagen an der Unterfeite in $t = 7{,}5^{cm}$ Teilung, $3{,}5^{cm}$ Höhe und $0{,}3^{cm}$ Dicke für $a = 2{,}75^{cm}$ berechnet werden für den Fall, dafs die Zugfpannung s_{mz} im Mauerwerke $2{,}5^{kg}$ für 1^{qcm} nicht überfchreiten foll und die Elafticitätsziffer $E_m = 100\,000^{kg}$ für 1^{qcm} gefetzt werden kann. Die Ueberfüllung wiegt $g = 0{,}012^{kg}$ für 1^{qcm} und das Mauerwerk nebft Eifen $0{,}0018^{kg}$ für 1^{cbcm}; für eine Teilung ift $F = 12 \cdot 7{,}5 = 90^{qcm}$, $f = 3{,}5 \cdot 0{,}3 = 1{,}05^{qcm}$, alfo

$$r = \frac{90}{1{,}05} = 85{,}7, \quad n = \frac{2\,100\,000}{100\,000} = \frac{E_e}{E_m} = 21, \quad i = 0{,}3\frac{3{,}5^3}{12} = 1{,}05 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

alfo nach Gleichung 15

$$W' = \frac{90\left[\frac{12^2}{3}\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)+(12-5{,}5)^2\right]+4\cdot 21\cdot 1{,}05\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)}{2\left(12\,\frac{85{,}7}{21}+5{,}5\right)} = 241 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Angriffsmoment für die Breite t ift

$$t\,M = 7{,}5\,\frac{(g+p+d\,\gamma)\,100^2}{8} = 7{,}5\,\frac{(0{,}012+p+12\cdot 0{,}0018)\,100^2}{8},$$

und diefes mufs gleich $s_{mz}\,W'$ fein; demnach $0{,}012 + p + 12 \cdot 0{,}0018 = \frac{8\cdot 2{,}5\cdot 241}{7{,}5\cdot 100^2}$ oder $p = 0{,}0294^{kg}$ für 1^{qcm} oder 294^{kg} für 1^{qm}. Bei einer den obigen Grundlagen entfprechenden Ausführung in Zementmörtel etwa der Mifchung 1 : 5 wäre unter diefer Belaftung das Entftehen von Riffen noch ausgefchloffen.

ζ wird für diefen Fall nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{12 - 2\cdot 2{,}75}{2\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)} = 0{,}59^{\text{ cm}}.$$

b) Die Platte nimmt aufser dem Biegungsmoment auch Längsdruck auf; Entftehen von Riffen ift unzuläffig.

Hat die Platte zwei gleich weit von der Mitte liegende Einlagen (Fig. 425), fo ermittele man W'' nach Gleichung 10 oder 14; dann ift die gröfste Spannung im Mauerwerke: 244. Platte gebogen und gedrückt; Riffe unzuläffig.

$$s_{mz} = \frac{M\,t}{W''} - \frac{D\,t}{F+n\,f}; \quad s_{md} = \frac{M\,t}{W''} + \frac{D\,t}{F+n\,f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16.$$

Hat die Platte nur eine Einlage (Fig. 426) auf der Zugfeite, fo berechne man zuerft W' nach Gleichung 12 oder 15 und hierauf ζ nach Gleichung 13; dann folgen die gröfsten Spannungen genau genug aus

$$s_{mz} = \frac{M\,t + t\,D\,\zeta}{W'} - \frac{D\,t}{F+n\,f}; \quad s_{md} = \frac{M\,t + t\,D\,\zeta}{W'} + \frac{D\,t}{F+n\,f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17.$$

Würde z. B. die zu Gleichung 15 unterfuchte *Kleine*'fche Platte unter der ausgerechneten Laft von $0{,}0294^{kg}$ für 1^{qcm} nach Fig. 422 gelagert, fo wäre $M = (0{,}012 + 0{,}0294 + 12\cdot 0{,}0018)\,\frac{100^2}{8} = 79{,}0^{cmkg}$ für 1^{cm} Platte, der Lagerdruck $\frac{1}{2}\,(0{,}012 + 0{,}0294 + 12\cdot 0{,}0018)\,100 = 315^{kg}$; folglich D nach Fig. 422 gleich $3{,}15 \cdot 1{,}732 = 5{,}44^{kg}$, fomit nach Gleichung 17 für das oben ausgerechnete $\zeta = 0{,}59^{cm}$ und $W' = 241$ für 1^{qcm}

$$s_{mz} = \frac{79\cdot 7{,}5 + 5{,}44\cdot 0{,}59\cdot 7{,}5}{241} - \frac{5{,}44\cdot 7{,}5}{90+21\cdot 1{,}05} = 2{,}56 - 0{,}365 = 2{,}195^{kg} \text{ für } 1^{qcm}.$$

Demnach würde die Platte nun über das oben berechnete Mafs hinaus belaftet werden können, ohne dafs Riffe zu erwarten wären. Die Tragfähigkeit der Platte ift hiermit für den Fall, dafs feine Riffe nicht gefcheut werden, bei weitem nicht ausgenutzt; ihre Leiftungsfähigkeit für diefen Fall wird weiter unten unterfucht werden.

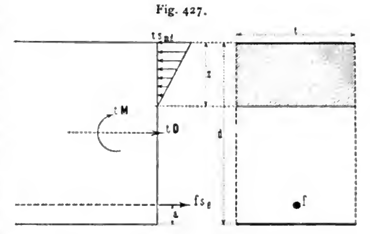
Da das Zufammenwirken von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, fo wird auf die Gleichungen 12, 13, 15, 16 u. 17 bei der Erörterung der Berechnung gewölbter Fachausfüllungen zurückverwiefen werden.

c) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; die Möglichkeit des Entftehens feiner Riffe braucht nicht ausgefchloffen zu werden.

In diefem Falle kann die Einlage der Zugfeite voll ausgenutzt werden, ebenfo die volle zuläffige Druckfpannung s_{md} des Plattenkörpers. Einlagen in der Druckfeite 245. Platte nur gebogen; feine Riffe zuläffig.

ſind hier von ſehr geringem Einfluſſe und ſollen daher ſelbſt für den Fall vernachläſſigt werden, daſs mit Rückſicht auf wechſelnden Sinn der Angriffsmomente zwei gleich weit von der Mitte entfernte Einlagen ausgeführt werden.

Fig. 427.



Werden die früheren Bezeichnungen beibehalten, auſserdem die Höhe des ſich nicht öffnenden, unter Druck liegenden Fugenteiles gleich z (Fig. 427), das Verhältnis $\frac{s_e}{s_{md}} \frac{E_m}{E_e} = m$ und wie früher $E_e : E_m = n$ geſetzt, ſo kann es ſich zunächſt darum handeln, eine Platte für eine gegebene Laſt, alſo ein gegebenes Moment und beſtimmte Spannungswerte einzurichten, d. h. von den in Fig. 427 angegebenen Gröſsen d, t und z zu berechnen. Für dieſen Fall gilt der Gleichungsſatz:

$$t = f s_e \sqrt{\frac{2\,(2+3m)}{3\,s_{md}\,M}}\,; \quad d = a + \frac{2\,f\,s_e\,(1+m)}{t\,s_{md}}\,; \quad z = \frac{d-a}{1+m} \quad . \; . \; . \quad 18.$$

Soll dagegen beſtimmt werden, welche Spannung s_{md} ein Plattenſtreifen bekannter Breite t unter der Wirkung eines gegebenen Moments, alſo gegebener Laſt, erleidet und wie dick dieſe Platte ſein muſs, ſind alſo s_{md}, d und z zu beſtimmen, ſo benutze man:

$$s_{md} = \frac{f s_e}{t}\left[\frac{2}{3}\,\frac{f s_e}{M t} + \sqrt{\frac{2\,s_e}{M}\left(\frac{1}{n} + \frac{2 f^2 s_e}{9\,M t^2}\right)}\right]; \; d \text{ und } z \text{ wie in Gleichung 18} \; . \quad 19.$$

Soll ſchlieſslich ermittelt werden, welches Moment M, d. h. welche Laſt eine gegebene Platte bei beſtimmtem s_{md} tragen kann und wie groſs dabei s_e wird, ſo folgen z, s_e und M aus:

$$z = \frac{n f}{t}\left[\sqrt{1 + \frac{2\,t}{n f}\,(d-a)} - 1\right]; \quad s_e = \frac{s_{md}\,z\,t}{2 f}\,; \quad M = \frac{s_{md}\,z}{2}\left(d - a - \frac{z}{3}\right) . \; 20.$$

Wird z. B. bei der zu Gleichung 15 als Beiſpiel unterſuchten *Kleine*'ſchen Platte das Entſtehen feiner Riſſe zugelaſſen, s_{md} mit 10 kg für 1 qcm feſtgeſetzt und beſtimmt, wieviel die Platte nun ſtatt der oben gefundenen 294 kg für 1 qm tragen darf, ſo ergiebt ſich nach Gleichung 20

$$z = \frac{21 \cdot 1{,}05}{7{,}5}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 7{,}5}{21 \cdot 1{,}05}\,(12 - 2{,}75)} - 1\right] = 5^{\text{cm}}; \quad s_e = \frac{10 \cdot 5 \cdot 7{,}5}{2 \cdot 1{,}05} = 179^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qcm}};$$

$$M = \frac{10 \cdot 5\,(12 - 2{,}75 - 5/3)}{2} = 189{,}5^{\text{cmkg}}.$$

Die aufzunehmende Verkehrslaſt p folgt dann aus $\frac{(0{,}012 + p + 12 \cdot 0{,}0018)\,100^2}{8} = 189{,}5$ mit $p = 0{,}118^{\text{kg}}$ für 1 qcm oder 1180 kg für 1 qm, wobei das Einlageeiſen mit 179 kg für 1 qcm noch ſehr ſchwach ausgenutzt iſt.

Soll dagegen eine 150 cm weite Platte aus Beton mit $s_{md} = 25^{\text{kg}}$ für 1 qcm für 3000 kg für 1 qm Nutzlaſt unter Benutzung von ⊥-Eiſen $3 \times 3 \times 0{,}4^{\text{cm}}$ mit $f = 2{,}24^{\text{qcm}}$ als Einlagen bei der Elaſtizitätsziffer $E_m = 150000^{\text{kg}}$ für 1 qcm und $s_e = 800^{\text{kg}}$ für 1 qcm, alſo $m = \frac{800 \cdot 150000}{25 \cdot 2100000} = 2{,}28$ unter Zulaſſung feiner Riſſe auf der Zugſeite mit $a = 2{,}0^{\text{cm}}$ durchgebildet werden, welche noch $g = 0{,}02^{\text{kg}}$ für 1 qcm Fuſsbodenlaſt zu tragen hat, ſo iſt zunächſt das Eigengewicht der für dieſen Zweck mit 15 cm Dicke eingeführten Platte bei 2200 kg für 1 cbm Gewicht des Betons mit $15 \cdot 0{,}0022 = 0{,}033^{\text{kg}}$ für 1 qcm zu

ſchätzen und das Moment mit $M = \frac{1}{8}\,(0{,}02 + 0{,}3 + 0{,}033)\;150^2 = 995$ cmkg feſtzuſetzen; dann wird nach Gleichung 18

$$t = 2{,}24 \cdot 800 \sqrt{\frac{2\,(2 + 3 \cdot 2{,}28)}{3 \cdot 25 \cdot 995}} = 27{,}5\,\text{cm}; \quad d = 2 + \frac{2 \cdot 2{,}24 \cdot 800\,(1 + 2{,}28)}{27{,}5 \cdot 25} = 17{,}1\,\text{cm}$$

$$\text{und} \quad z = \frac{17{,}1 - 2}{1 + 2{,}28} = 4{,}6\,\text{cm}.$$

Man wird hier alſo die oberſten 4,6 cm der 17,1 cm dicken Platte mit beſonderer Sorgfalt und aus beſtem Beton zu bilden haben, während der untere Beton in 12,5 cm Dicke etwas magerer ſein kann; doch darf keine das Anbinden ſtörende Trennungsfuge zwiſchen beiden Lagen liegen.

Die Rechnung zu wiederholen, weil die Plattendicke für die Gewichtsbeſtimmung mit 15 cm eingeführt, ſpäter aber mit 17,1 cm ermittelt wurde, iſt erſt bei gröſseren derartigen Abweichungen erforderlich.

Beſonders iſt noch hervorzuheben, daſs nach den Gleichungsſätzen 18 bis 20 auch *Hennebique*-Decken (ſiehe Fig. 277 u. 278, S. 141), Decken nach Fig. 270 u. 271 (S. 138), ſowie *Moeller*'ſche Decken (ſiehe Fig. 284, S. 143) und ſolche von *Szarbinowski* (ſiehe Fig. 366 bis 368, S. 173) berechnet werden können, wenn man unter z die Stärke der oberen durchlaufenden Platte, unter d die Geſamtdicke dieſer und der Verſtärkungsrippen, unter t die Teilung der Verſtärkungsrippen, unter f den ganzen in einer Rippe enthaltenen Eiſenquerſchnitt und unter a den Abſtand des Schwerpunktes dieſes Eiſenquerſchnittes von der Rippenunterkante verſteht.

b) Die Platte nimmt Biegungsmomente und Längsdruck auf; die Möglichkeit des Entſtehens feiner Riſſe braucht nicht ausgeſchloſſen zu werden.

Zu den früheren Bezeichnungen kommt hier der Längsdruck D (Fig. 427). 246 Platte gedrückt und gebogen: feine Riſſe zuläſſig.
Wie früher wird $E_e : E_m = n$ und $s_e\, E_m : s_{md}\, E_e = m$ geſetzt.

Soll die Plattenſtärke aus der Belaſtung beſtimmt werden, werden alſo d, z und t geſucht, ſo benutze man folgenden Gleichungsſatz:

$$\text{Hilfsgröſsen:}\ \alpha = a + \frac{3\,D\,(1+m)^2}{2\,s_{md}\,(2+3\,m)}, \quad \beta = 6\,\frac{(M - D\,a)\,(1+m)^2}{s_{md}\,(2+3\,m)} - a^2,$$
$$d = \alpha\left(1 + \sqrt{1 + \frac{\beta}{\alpha^2}}\right), \quad z = \frac{d-a}{1+m}, \quad t = \frac{2\,f\,s_e}{-2\,D + s_{md}\,z}. \qquad 21.$$

Da der Gleichungsſatz 21 auf der Annahme beruht, daſs ſich der Zugſpannungen ausgeſetzte Teil des Querſchnittes des Verbundkörpers wegen Ueberſchreitung der Zugfeſtigkeit geöffnet habe, alſo keine Spannung mehr aufnimmt, ſo gelten die Gleichungen nicht, wenn der Längsdruck D ſo groſs wird, daſs dieſes Ueberſchreiten der Zugfeſtigkeit nicht eintritt oder daſs gar der ganze Querſchnitt unter Druckſpannung bleibt. Letzterer Fall tritt ein, wenn unter Einfügen der nach Gleichung 21 ermittelten Werte d und z

$$D > \frac{s_{md}\,z}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 22.$$

wird, weil ſich dann t negativ ergiebt, was beweiſt, daſs die ganze Zugſpannung des Eiſens durch Druck überwogen wird. Ob die etwa auftretende Zugſpannung unter der Zugfeſtigkeit bleibt, iſt durch Löſung der Gleichung 16 oder 17 nach D zu ermitteln, wenn man hier für s_{mz} die Zuggrenze s_{zr} und für die übrigen Gröſsen die bei der vorläufigen Berechnung nach Gleichung 21 erhaltenen Werte unter beliebiger Wahl eines poſitiven t einführt. Dann lautet die Bedingung dafür, daſs der Gleichungsſatz 21 nicht mehr verwendet werden darf,

bei Platten mit zwei Einlagen:

$$D \geqq \left(\frac{M}{W''} - \frac{s_{max}}{t}\right)(F + nf), \quad \ldots \ldots \quad 23.$$

bei Platten mit einer Einlage:

$$D \geqq \left(\frac{M}{W'} - \frac{s_{max}}{t}\right) : \left(\frac{1}{F + nf} - \frac{\zeta}{W'}\right) \quad \ldots \ldots \quad 24.$$

Wird die Bedingung der Gleichung 22 oder die dem Falle entfprechende der Gleichungen 23 oder 24 erfüllt, fo kann der Gleichungsfatz 21 nicht auf den Fall angewendet, vielmehr mufs nach Gleichung 16 oder 17 gerechnet werden.

Uebrigens liefert der Gleichungfatz 21 wegen der Vernachläffigung der auch bei Eintreten feiner Riffe in einem gewiffen Querfchnittsteile auftretenden, günftig wirkenden Zugfpannungen, auch für die Fälle, in denen er verwendbar ift, etwas zu ftarke Werte, fo dafs man fie unbedenklich nach unten abrunden kann.

Soll die zuläffige Leiftung einer gegebenen Platte ermittelt werden, find alfo M, D und z zu berechnen, fo benutze man die Gleichungen:

$$z = \frac{d - a}{1 + m}; \quad D = -\frac{f s_e}{t} + \frac{s_{md} z}{2}; \quad M = \frac{f s_e (d - a - z/_3)}{t} + \frac{D}{6}(3d - 2z) \quad . \; 25.$$

Beifpiel. Wäre die zu Gleichung 18 ausgerechnete Verbundplatte aufser dem Moment von 995^{kg} für 1^{cm} Länge auch noch dem Längsdrucke $D = 40^{kg}$ ausgefetzt, fo folgten die bei faft unveränderten Grundlagen nun nötigen Abmeffungen nach Gleichung 21 mit:

$$\alpha = 2 + \frac{3 \cdot 40\ (1 + 2{,}28)^2}{2 \cdot 25\ (2 + 3 \cdot 2{,}28)} = 4{,}925, \qquad \beta = 6\ \frac{(995 - 40 \cdot 2)\ (1 + 2{,}28)^2}{25\ (2 + 3 \cdot 2{,}28)} - 2^2 = 263;$$

alfo

$$d = 4{,}925\left(1 + \sqrt{1 + \frac{263}{4{,}925^2}}\right) = 21{,}8^{cm}, \qquad z = \frac{21{,}8 - 2}{1 + 2{,}28} = 6{,}05^{cm},$$

$$t = \frac{2 \cdot 2{,}24 \cdot 800}{-2 \cdot 40 + 25 \cdot 6{,}05} = 50{,}2^{cm}.$$

Diefe Platte ift fomit wegen des Längsdruckes um 4^{cm} ftärker geworden. Dies ift erklärlich, weil, auf die Zugfpannungen im Mörtel gar nicht mehr gerechnet wurde, der Längsdruck alfo die Druckfpannungen erhöht und die Eifeneinlagen entlaftet. Daher ift die Teilung der letzteren auch von $27{,}5^{cm}$ auf $50{,}2^{cm}$ gewachfen; an Eifen wird demnach durch den Längsdruck gefpart.

Hätte man die Leiftungsfähigkeit der fo feftgeftellten Platte mit $d = 21{,}8^{cm}$, $t = 50{,}2^{cm}$, $f = 2{,}24^{qcm}$ $s_e = 800^{kg}$, $s_{md} = 25^{kg}$, $E_m = 150000^{kg}$ und $E_e = 2100000^{kg}$ für 1^{qcm}, alfo $n = \frac{2100000}{150000} = 14$ und $m = 2{,}28$, $a = 2{,}0^{cm}$ zu ermitteln gehabt, fo würde diefe aus Gleichung 25 folgen mit

$$z = \frac{21{,}8 - 2}{1 + 2{,}28} = 6{,}05; \quad D = -\frac{2{,}24 \cdot 800}{50{,}2} + \frac{25 \cdot 6{,}05}{2} = 40^{kg};$$

$$M = \frac{2{,}24 \cdot 800\left(21{,}8 - 2 - \frac{6{,}05}{3}\right)}{50{,}2} + \frac{40}{6}(3 \cdot 21{,}8 - 2 \cdot 6{,}05) = 995^{cmkg}.$$

Für fehr grofse Drücke D wird t nach Gleichung 21 negativ; dies beweift dann vollftändige Entlaftung der Eifeneinlagen. t wird ∞ für $D = \frac{s_{md} z}{2}$; diefer Druck macht dann die Einlagen gerade unnötig.

c) Die Zugfpannungen im gezogenen Plattenteile werden bis zur Streckgrenze s_{st} der Umhüllung als wirkfam eingeführt.

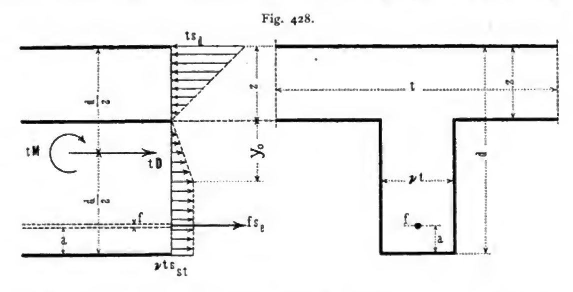
247. Zugfpannungen bis zur Streckgrenze berückfichtigt.

Der Zuftand der Platte, welcher fich auf diefer in Art. 105 (S. 113) befprochenen Grundlage entwickelt, ift in Fig. 428 dargeftellt. Für diefen Fall werden in möglichfter Uebereinftimmung mit den früheren die folgenden Bezeichnungen

eingeführt: E_e Elaftizitätsziffer des Eifens, E_d der Umhüllung für Druckfpannung, E_z der Umhüllung für Zugfpannungen bis zur Streckgrenze s_{st}; s_d gröfste Druckfpannung in der Umhüllung und s_e Spannung in den Einlagen.

Die Plattenmafse gehen aus Fig. 428 hervor; der Allgemeinheit wegen ift gleich die durch Rippen verftärkte Decke zu Grunde gelegt, wie fie nach Fig. 267

Fig. 428.



u. 268 (S. 137), 270 u. 271 (S. 138), 277 bis 279 (S. 141), 283 u. 284 (S. 143), 286 (S. 145), 288 (S. 146) u. 293 (S. 147) in der verfchiedenartigften Weife zur Ausführung gelangen. t ift dabei die Rippenteilung, f der Querfchnitt fämtlicher Einlagen einer Rippe und νt die Rippenbreite. Ift die Platte unten glatt, fo ift $\nu = 1$ zu fetzen, und t bezeichnet dann die Teilung der einzelnen Einlagen, jede des Querfchnittes f.

M ift wieder das Biegungsmoment, D der Längsdruck für die Tiefeneinheit der Platte, und zwar wird D als in der Mitte der Gefamtdicke d wirkend eingeführt; wirkt es um δ aufserhalb diefer Mitte, fo füge man D in der Dickenmitte pofitiv und negativ hinzu und fchlage das Moment $\pm D\delta$ zu dem aus den Laften ermittelten M, dann mit Recht D als in der Dickenmitte wirkfam einführend.

Nun führe man die folgenden vorweg zu berechnenden Hilfsgröfsen ein, indem man für ν eine zweckmäfsig erfcheinende Annahme macht:

$$r = \frac{s_{st}}{s_e} \frac{E_e}{E_z}, \qquad n = \frac{s_d}{s_e} \frac{E_e}{E_d}, \quad \ldots \ldots \quad 26.$$

$$N = \frac{1}{2(1+n)^2} \left\{ s_d \frac{n(2n+3)}{3} - \nu s_{st} \left[1 - r \left(1 - \frac{r}{3} \right) \right] \right\} \quad \ldots \quad 27.$$

Die Abmeffungen der Platte find dann zu beftimmen nach

$$d = a + \frac{1}{N} \left[\frac{D}{4} + \sqrt{\left(\frac{D}{4}\right)^2 + N \left(M - \frac{a}{2} (D + \nu a s_{st}) \right)} \right] \quad \ldots \quad 28.$$

$$z = \frac{n}{1+n} (d - a) \ldots \ldots \quad 29.$$

$$t = \frac{f s_e}{s_d \frac{z}{2} - D - \nu s_{st} \left[(d - z) \left(1 - \frac{r}{2} \right) + \frac{a r}{2} \right]} \quad \ldots \quad 30.$$

Wirkt M allein ohne Längsdruck D, fo ift D in diefen Gleichungen 28 u. 30

gleich Null zu fetzen. In allen Fällen ift der Abftand y_o der Stelle, an der die Streckgrenze s_{st} erreicht wird, von der Nulllinie (Fig. 428)

$$y_o = r\,(d - a - z) \qquad \text{. . . . . } 31.$$

Bei den Rippenplatten, für die $\nu < 1$ ift, wird die obere Druckplatte mit der Dicke z ausgeführt.

Auch diefe Gleichungen haben einen beftimmten Gültigkeitsbereich, der durch die Bedingung

$$D + \nu s_{st}\left[(d - z)\left(1 - \frac{r}{2}\right) + \frac{a\,r}{2}\right] < \frac{s_d\, z}{2} \qquad \text{. . . . . . } 32.$$

feftgelegt wird. Hierin ift D nötigenfalls wieder gleich Null zu fetzen. Wird diefe Bedingung nicht erfüllt, fo ergiebt fich für die Platte eine negative Teilung t; daraus darf man aber nicht fchliefsen, dafs die Eifeneinlagen nun überflüffig feien; denn die Annahme, dafs Zugfpannungen bis zur Höhe s_{st} nach Fig. 428 auftreten, ift nach Art. 105 (S. 113) an das wirkliche Vorhandenfein von Eifeneinlagen gebunden. Man wird die Platte in folchen Fällen mit den nach den Gleichungen 28 u. 29 und der Annahme für ν erhaltenen Mafsen ausführen und verhältnismäfsig wenige und fchwache Einlagen nach Gutdünken fo machen, dafs die in Art. 105 (S. 113) erörterten Gefichtspunkte die Annahme der Zuläffigkeit der Ausnutzung der Zugfpannungen bis zur Höhe s_{st} berechtigt erfcheinen laffen.

Ergiebt die gemachte Annahme für ν unzweckmäfsige Abmeffungen, fo wiederhole man die Rechnung mit einer zweckmäfsigeren Annahme für diefes Verhältnis.

Beifpiel 1. Ein $2{,}50^{m}$ weites Balkenfach foll mit einer Verbundplatte gedeckt werden, welche unten glatt ift ($\nu = 1$). Die Decke trägt:

Eftrich mit Linoleum	50^{kg}	für 1^{qm}
Deckenputz	40^{kg}	»
Eigengewicht der Platte, gefchätzt	350^{kg}	»
Verkehrslaft	500^{kg}	»
im ganzen	940^{kg}	für 1^{qm}.

Die Laft für 1^{qcm} beträgt alfo: $0{,}01 \cdot 0{,}01 \cdot 940 = 0{,}094^{kg}$ für 1^{qcm}.

Die einzufetzenden Spannungen find für den verwendeten guten Beton $s_d = 30^{kg}$ für 1^{qcm}, $s_{st} = 4^{kg}$ für 1^{qcm}, für das Eifen $s_e = 800^{kg}$ für 1^{qcm}, die Elafticitätsziffern $E_d = 150\,000^{kg}$ für 1^{qcm}, $E_z = 70000^{kg}$ für 1^{qcm} und $E_e = 2\,100\,000^{kg}$ für 1^{qcm}. Alsdann ift nach Gleichung 26

$$r = \frac{4 \cdot 2\,100\,000}{800 \cdot 70000} = 0{,}15, \quad n = \frac{30 \cdot 2\,100\,000}{800 \cdot 150\,000} = 0{,}525$$

und nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}525^2}\left\{30\,\frac{0{,}525\,(1{,}050 + 3)}{3}\left[-1 \cdot 4\;1 - 0{,}15\left(1 - \frac{0{,}15}{3}\right)\right]\right\} = 3{,}72;$$

fomit nach Gleichung 28

$$d = 1{,}5 + \frac{1}{3{,}72}\sqrt{3{,}72\left(\frac{0{,}094 \cdot 250^2}{8} - \frac{1{,}5^2}{2}\,1 \cdot 4\right)} = 1{,}5 + 14 = 15{,}5^{cm},$$

wenn die Drahtmitte $a = 1{,}5^{cm}$ von Unterkante gelegt wird. Der Draht hat 6^{mm} Durchmeffer, alfo $f = \frac{0{,}6^2\pi}{4} = 0{,}283^{qcm}$.

Weiter folgt aus Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}525}{1{,}525}\,(15{,}5 - 1{,}5) = 4{,}8^{cm}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}282 \cdot 800}{30\,\frac{4{,}8}{2} - 1{,}4\left[(15{,}5 - 4{,}8)\left(1 - \frac{0{,}15}{2}\right) + \frac{1{,}5 \cdot 0{,}15}{2}\right]} = \frac{225}{72 - 40} = 7{,}05^{cm}.$$

Nach Gleichung 31 ift $y_0 = 0{,}15\,(15{,}5 - 1{,}5 - 4{,}8) = 1{,}38\,^{cm}$; demnach tragen die unteren $15{,}5 - 4{,}9 - 1{,}38 = 9{,}22\,^{cm}$ der Dicke die volle Streckgrenzenfpannung $s_{st} = 4\,^{kg}$ für $1\,^{qcm}$.

D ift überall gleich Null gefetzt.

Die Bedingung der Gleichung 32 ift erfüllt, wie fich fchon aus dem Pofitivwerden von t ergiebt.

Die Platte ift alfo $15{,}5\,^{cm}$ dick zu machen; jedoch kann bei guter Herftellung der obere Eftrich in diefe Dicke mit eingerechnet werden. Sie erhält $6\,^{mm}$ dicke Einlagen in $7{,}05\,^{cm}$ Teilung mit der Mitte $1{,}5\,^{cm}$ von der Unterkante. Das Gewicht der Platte ift bei $2200\,^{kg}$ für $1\,^{cbm}$ Gewicht des Betons mit Eifen $0{,}155 \cdot 2200 = 341\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$, während $350\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$ eingeführt find.

Beifpiel 2. Ein $7{,}50\,^{m}$ breiter Ausftellungsfaal, in welchem $600\,^{kg}$ Verkehrslaft auf $1\,^{qm}$ aufzunehmen find, foll eine Verbunddecke mit unten vorfpringenden Rippen erhalten; die Rippen follen etwa ein Sechftel der Saallänge einnehmen; $\nu = 0{,}17$.

Die Laften find:	Blind- und Parkettboden	$70\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$
	Deckenputz	$40\,^{kg}$ »
	Durchfchnittliches Gewicht der Decke .	$390\,^{kg}$ »
	Verkehrslaft	$600\,^{kg}$ »
	im ganzen	$1100\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$

oder $p = 1{,}1\,^{t}$ für $1\,^{qm}$. Demnach ift das aufzunehmende Biegungsmoment für $1\,^{m}$ Saallänge $M = \frac{1{,}1 \cdot 7{,}5^2}{8} = 7{,}75\,^{mt}$. Für forgfältig ausgeführten Beton wird $s_d = 350\,^{t}$ für $1\,^{qm}$, $s_z = 50\,^{t}$ für $1\,^{qm}$, $E_d = 1\,800\,000\,^{t}$ für $1\,^{qm}$, $E_z = 750\,000\,^{t}$ für $1\,^{qm}$ eingeführt. s_e wird für guten Draht $= 16\,000\,^{t}$ für $1\,^{qm}$, $E_e = 21\,000\,000\,^{t}$ für $1\,^{qm}$ gefetzt. Nach Gleichung 26 ift $r = \frac{50 \cdot 21\,000\,000}{16\,000 \cdot 750\,000} = 0{,}0875$, $n = \frac{350 \cdot 21\,000\,000}{16\,000 \cdot 1\,800\,000} = 0{,}255$;

nach Gleichung 27: $N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}255^2}\left\{350\,\frac{0{,}255 \cdot 3{,}51}{3} - 0{,}17 \cdot 50\left[1 - 0{,}0875\left(1 - \frac{0{,}0875}{3}\right)\right]\right\} = 30{,}7$.

In jede Rippe werden 6 Drähte von $1{,}6\,^{cm}$ Durchmeffer eingelegt mit der Mitte um $a = 0{,}02\,^{m}$ von Unterkante; f ift alfo $6\,\frac{0{,}016^2\pi}{4} = 0{,}00121\,^{qm}$.

Nach Gleichung 28 ift demnach für $D = 0$

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{30{,}7}\sqrt{30{,}7\left(7{,}75 - \frac{0{,}02^2}{2}\,0{,}17 \cdot 50\right)} = 0{,}02 + 0{,}502 = 0{,}522\,^{m},$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}255}{1{,}255}\,(0{,}522 - 0{,}02) = 0{,}102\,^{m}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00121 \cdot 16\,000}{350 \cdot \frac{0{,}102}{2} - 0{,}17 \cdot 50\left[(0{,}522 - 0{,}102)\left(1 - \frac{0{,}0875}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}0875}{2}\right]} = 1{,}34\,^{m}.$$

Die Rippenbreite beträgt $\nu t = 0{,}17 \cdot 1{,}34 = 0{,}228 = \sim 0{,}23\,^{m}$.

Die durchfchnittliche Plattendicke ift $0{,}102 + \frac{0{,}228 \cdot (0{,}522 - 0{,}102)}{1{,}34} = 0{,}173\,^{m}$, alfo das Gewicht $2200 \cdot 0{,}173 = 380\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$; eingeführt find $390\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$; die Bedingung der Gleichung 32 ift erfüllt.

Nun ift zu prüfen, ob die obere Platte mit $z = 0{,}102\,^{cm}$ Tragdicke genügt, um die Laften nach den Rippen hin zu übertragen.

Die Laft ift hier:	Fufsboden und Deckenputz	$110\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$
	Plattengewicht $0{,}102 \cdot 2200$	$225\,^{kg}$ »
	Verkehrslaft	$600\,^{kg}$ »
	im ganzen	$935\,^{kg}$ für $1\,^{qm}$

oder $0{,}935\,^{t}$ für $1\,^{qm}$; alfo ift das negative Moment im Anfchluffe der Platte an die Rippe bei $1{,}34 - 0{,}23 = 1{,}11\,^{m}$ Lichtweite als Endeinfpannungsmoment $\frac{0{,}935 \cdot 1{,}11^2}{12} = 0{,}096\,^{mt}$. Hier werden Drähte von $6\,^{mm}$ Dicke mit $f = \frac{0{,}006^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0000282\,^{qm}$ in $a = 0{,}015\,^{m}$ Mittenabftand von Unterkante der glatten Platte eingelegt, für die alfo $\nu = 1$ ift. Demnach ift nach Gleichung 28 die erforderliche Stärke der oberen Platte

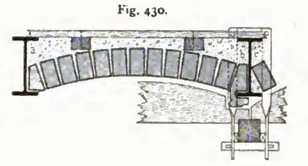
$$d = 0{,}015 + \frac{1}{30{,}7} \sqrt{30{,}7 \left(0{,}096 - \frac{0{,}015^2}{2}\, 1 . 50\right)} = 0{,}015 + 0{,}049 = 0{,}064 \,^{m};$$

dabei wäre nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}255}{1{,}255}\,(0{,}064 - 0{,}015) = 0{,}01 \,^{m}$$

Fig. 429.

Fig. 430.



und nach Gleichung 30

$$t = \frac{16000 \,.\, 0{,}0000282}{350\, \frac{0{,}01}{2} - 1 . 50 \left[\left(0{,}064 - 0{,}01\right)\left(1 - \frac{0{,}0875}{2}\right) + \frac{0{,}015 \,.\, 0{,}0875}{2}\right]} = -\, 0{,}53 \,^{m}.$$

Hier tritt alfo der Fall ein, dafs die Bedingung der Gleichung 32 nicht erfüllt ift; die Drähte find fomit nach Gutdünken zu verteilen. Da die Platte aber als Druckgurtung der ganzen Decke aufserdem noch ftatt $0{,}064\,^{m}$ nach obiger Rechnung $0{,}102\,^{m}$ ftark gemacht werden mufs, fo ift fie für die Uebertragung der Laft nach den Rippen reichlich ftark. Man wird ihr Drähte quer zu den Rippen in etwa $20\,^{cm}$ Teilung einlegen. Da die Zugfeite diefer oberen Platte mitten in den Feldern unten, über den Rippen oben liegt, fo müffen die Einlagedrähte fo gefchlängelt werden, dafs fie über den Rippen der Oberkante, in den Feldmitten der Unterkante nahe treten.

Die Gleichungen 21 bis 32 werden fpäter für die Berechnung von Wölbungen mit Eifeneinlagen herangezogen werden, da bei folchen das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längsdrücken die Regel bildet. Hier wird dann auch die Verwendung der Gültigkeitsbedingungen (Gleichungen 22 bis 24 u. 32) durch weitere Beifpiele erläutert werden.

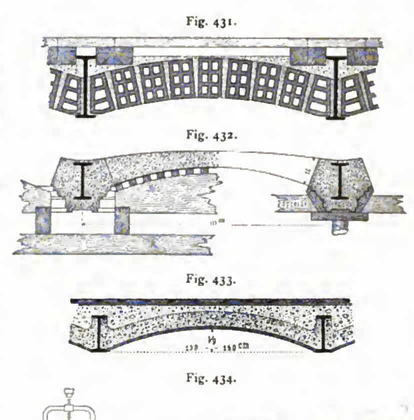


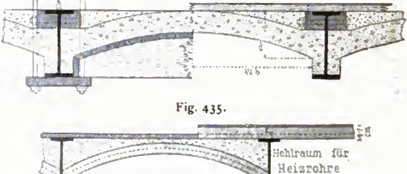
Fig. 431.

Fig. 432.

Fig. 433.

Fig. 434.

Fig. 435.



δ) Auswölbungen der Trägerfache.

Die Auswölbung hat den grundſätzlichen Vorteil, daſs dabei ſtets Längsdruck neben den Biegungsmomenten erzeugt wird, auf deſſen günſtige Wirkung für die Fachausfüllungen ſchon wiederholt hingewieſen wurde. 248. Vorteile und Einteilung.

Bei den gewölbten Fachausfüllungen iſt zu unterſcheiden zwiſchen ſolchen, die ohne Einlagen mit verhältnismäſsig groſsen Stärken auf breiter Kämpferfuge ſtehen und eben wegen des Mangels von Zuggliedeinlagen thunlichſt ſo durchgebildet werden, daſs ſie auch bei einſeitiger Belaſtung nur Druckſpannungen aufzunehmen haben, und ſolchen, die mit Zugeinlagen, aus beſten Stoffen in geringer Dicke ausgebildet, als in den Kämpfern frei verdrehbar angeſehen werden können, und bei denen einſeitige Belaſtung auf der belaſteten Seite unten, auf der unbelaſteten oben Zugſpannungen hervorruft.

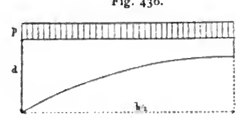
Beiſpiele der erſten Art geben Fig. 429 bis 435 für verſchiedene Backſtein- und Betonwölbungen; ein ſolches der zweiten Art zeigt Fig. 434 eine *Monier*-Fachausfüllung, bei der jedoch die dargeſtellte Mitteleinlage beſſer durch zwei nahe an den Auſsenflächen liegende Einlagen erſetzt wird.

𝔄) Wölbungen aus Mauerwerk oder Beton ohne Einlagen.

249. Auswölbung ohne Einlagen und ohne Scheitelübermauerung.

Die Auswölbung der Balkenfache ohne Uebermauerung im Scheitel iſt üblich bei Betonwölbung (ſiehe Kap. 4, unter a, 3, α, S. 105 und a, 4, α, S. 130 [330]), jedoch auch bei Backſteinwölbung (ſiehe Kap. 4, unter a, 1, S. 85 und a, 2, S. 97) verwendbar. Als Weite *b* der Wölbung wird in der Regel die Trägerteilung anzuſehen ſein; doch kann man, genau genommen, auch das Lichtmaſs zwiſchen den Kanten der Trägerflanſchen einführen (Fig. 431, 432 u. 434).

Fig. 436.



Sind für eine derartige Wölbung (Fig. 436) die zuläſſige Beanſpruchung auf die Flächeneinheit des Kappenquerſchnittes s, das Gewicht der Kappe und der Schenkelübermauerung γ für die Raumeinheit, die gleichförmig verteilte Nutzlaſt p für die Flächeneinheit, ſo ſind in der Regel p, γ, b und s gegeben, und die ganze Wölbhöhe d, die Scheitelſtärke δ und der wagrechte Schub H' folgen aus

$$d = \frac{b^2 (6 p + 5 \gamma \delta) + 16 s \delta^2}{24 s \delta - \gamma b^2}; \quad \ldots \quad 33.$$

$$\delta = 0{,}75\, d - \frac{5}{32} \frac{\gamma b^2}{s} - \sqrt{\left(0{,}75\, d - \frac{5}{32} \frac{\gamma b^2}{s}\right)^2 - \frac{b^2}{16 s} (\gamma d + 6 p)}\,; \quad \ldots \quad 34.$$

$$H' = \frac{s \delta}{2}. \quad \ldots \quad 35.$$

Der wagrechte Widerſtand, welchen ein unbelaſtetes Gewölbe einem benachbarten, voll belaſteten höchſtens leiſten kann, beträgt

$$H'' = \frac{\sqrt{9 s^2 (d - 2 \delta)^2 + \gamma s b^2 (d + 5 \delta)} - 3 s (d - 2 \delta)}{8} \quad \ldots \quad 36.$$

In gewiſſen Fällen, namentlich bei groſsem δ und kleinem d, kann ſich nach

330) Siehe: ENGESSER, F. Ueber die Feſtigkeit von Beton-Bogen. Deutſche Bauz. 1881, S. 580.

diefen Formeln H'' gröfser als H' ergeben, was widerfinnig wäre. In folchen Fällen ift dann $H'' = H'$ anzunehmen.

Beifpiel. Für einen Speicherboden feien die Trägerteilung ($b =$) $1{,}60$ m, die Belaftung ($p =$) 750 kg auf 1 qm, das Gewicht des verwendeten Betons 2200 kg für 1 cbm und die zuläffige Beanfpruchung (s) für die Betonmifchung mit Rückficht auf vorkommende Stöfse $30\,000$ kg für 1 qm; fchliefslich foll der Scheitel die Stärke von 10 cm erhalten, fonach $\delta = 0{,}10$ m fein. Dann ift nach Gleichung 33 die ganze Wölbhöhe

$$d = \frac{1{,}6^2\,(6 \cdot 750 + 5 \cdot 2200 \cdot 0{,}1) + 16 \cdot 30\,000 \cdot 0{,}1^2}{24 \cdot 30\,000 \cdot 0{,}1 - 2200 \cdot 1{,}6^2} = 0{,}228\ \text{m},$$

und der Schub des Gewölbes für 1 m Länge nach Gleichung 35

$$H' = \frac{30\,000 \cdot 0{,}1}{2} = 1500\ \text{kg};$$

ferner der Widerftand des unbelafteten Gewölbes nach der Gleichung 36

$$H'' = \frac{\sqrt{9 \cdot 30000^2\,(0{,}228 - 2 \cdot 0{,}1)^2 + 2200 \cdot 30000 \cdot 1{,}6^2\,(0{,}228 + 5 \cdot 0{,}1)} - 3 \cdot 30000\,(0{,}228 - 2 \cdot 0{,}1)}{8} = 1110\ \text{kg}.$$

Wäre z. B. wegen beftimmter Höhe der ganzen Decke von vornherein $d = 0{,}30$ m vorgefchrieben, fo wäre nach Gleichung 34

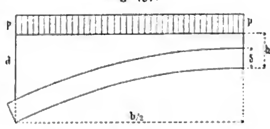
$$\delta = 0{,}75 \cdot 0{,}3 - \frac{5}{32}\,\frac{2200 \cdot 1{,}6^2}{30000} - \sqrt{\left(0{,}75 \cdot 0{,}3 - \frac{5}{32}\,\frac{2200 \cdot 1{,}6^2}{30000}\right)^2 - \frac{1{,}6^2}{16 \cdot 30000}\,(2200 \cdot 0{,}3 + 6 \cdot 750)} = 0{,}092\ \text{m}$$

zu machen.

250. Auswölbung ohne Einlagen mit Scheitelübermauerung.

Die Auswölbung mit Uebermauerung im Scheitel (Fig. 430, 433) wird namentlich bei Backfteinwölbungen verwendet, ift jedoch auch bei Betonwölbungen verwendbar, wenn man eine Wölbung aus fetter Mifchung von der mageren Ueberfchüttung gefondert herftellt (Fig. 433). Das Gewicht der Uebermauerung kann in der Regel gleich dem der Wölbung γ gefetzt werden. Bei Backfteinwölbungen ift hier δ gegeben, nämlich der gewählten Steinftärke gleich zu fetzen (fiehe Fig. 430). Uebermauerung und Scheitel haben zufammen die Stärke h.

Fig. 437.



Mit Bezug auf Fig. 437 find hier bei den obigen Bezeichnungen

$$d = \frac{8\,s\,\delta\,(3\,h - \delta) + b^2\,(6\,p + 5\,\gamma\,h)}{24\,\delta\,s - \gamma\,b^2}, \qquad 37.$$

$$\delta = 0{,}5\,\sqrt{9\,(d - h)^2 + \frac{b^2}{s}\left[\frac{\gamma\,(d + 5\,h)}{2} + 3\,p\right]} - \frac{3}{2}\,(d - h), \qquad 38.$$

$$H' = 0{,}5\,s\,\delta\,, \qquad 39.$$

und der gröfstmögliche Gegenfchub des unbelafteten Gewölbes

$$H'' = 0{,}125\left[\sqrt{9\,s^2\,(d - h - \delta)^2 + \gamma\,s\,b^2\,(d + 5\,h)} - 3\,s\,(d - h - \delta)\right] \qquad 40.$$

Würde hiernach $H'' > H'$, fo wäre $H'' = H'$ anzunehmen. Bei durch die Trägerverhältniffe feftgefetztem d und angenommenem δ kann h beftimmt werden aus

$$h = \frac{8\,s\,\delta\,(3\,d + \delta) - b^2\,(6\,p + \gamma\,d)}{5\,\gamma\,b^2 + 24\,s\,\delta} \qquad 41.$$

Eine üble Eigenfchaft aller Kappenwölbungen ift die durch fie erzeugte wagrechte Belaftung der fie aufnehmenden Träger, da diefe in feitlicher Richtung nicht viel Widerftand leiften können, felbft wenn man befondere, teuere Trägerquer-

fchnitte — etwa nach *Gocht*, *Klette* oder *Lindfay* (vergl. Art. 85, S. 95) — verwendet. Auf die entfprechende Trägerberechnung wird fpäter eingegangen werden.

251. Kappen mit gleichem Schube auf der belafteten und unbelafteten Seite.

Fig. 438.

Die Kappen laffen fich jedoch fo bemeffen, dafs die unbelaftete im ftande ift, ohne Ueberfchreitung der zuläffigen Beanfpruchung einen dem Schube der benachbarten, belafteten Kappe gleichen Widerftand zu leiften, wobei dann auf die Träger keine feitliche Belaftung, fondern nur ein geringes Verdrehungsmoment einwirkt, das jedoch in der Trägermitte bei voller Belaftung den Wert Null hat und nach den Enden hin anwächft, von den Trägern daher in der Regel leicht aufgenommen wird.

Die Abmeffungen folcher Kappen gleichen Schubes find nach den Gleichungen 42 bis 51 zu beftimmen, welche zugleich den Fall berückfichtigen, dafs Kappe und Uebermauerung verfchiedenes Einheitsgewicht γ und γ_1 haben (fiehe Fig. 433 u. 438).

Zu unterfcheiden find noch die beiden Fälle, dafs die Kappe überall gleich ftark ift, oder dafs fie fo an Stärke zunimmt, dafs überall die lotrechte Abmeffung der geneigten Wölbfugen gleich δ wird.

Für beide Fälle ift (Fig. 438)

$$\delta_1 = \delta\,(1 + k)\,, \qquad 42.$$

und zwar im erfteren Falle

$$k = 8\left(\frac{d-h}{b}\right)^2, \qquad 43.$$

im letzteren Falle

$$k = 16\left(\frac{d-h}{b}\right)^2. \qquad 44.$$

Die Pfeile werden bei diefen Kappen fehr flach. Die Werte für k folgen für einige der gewöhnlichften Pfeilverhältniffe $\frac{d-h}{b}$ aus der nachftehenden Zufammenftellung.

$\frac{d-h}{b} =$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{22}$
Kappenftärke bleibt unverändert					
Gleichung 43: $k = 8\left(\frac{d-h}{b}\right)^2$	0,055	0,036	0,025	0,020	0,0165
Kappenftärke wächft					
Gleichung 44: $k = 16\left(\frac{d-h}{b}\right)^2$	0,111	0,072	0,050	0,040	0,033

Ein dem gerade vorliegenden Falle nach Schätzung entfprechender Wert für k ift zunächft anzunehmen; dann ergeben fich die übrigen Abmeffungen nach dem aus äufseren Bedingungen von vornherein feftftehenden h, wie folgt:

$$\delta = \frac{b}{2}\sqrt{\frac{3\,p}{s\,(2+k)}}\;; \qquad 45.$$

$$d = h + b \frac{6\,[\gamma\, h\,(2+k) + p\,(1+2\,k)] + (\gamma_1 - \gamma)\,\delta\,(6+k)\,(2+k)}{\sqrt{432\, s\, p\,(2+k)} - \gamma\, b\,(2+k)}; \quad . \quad 46.$$

$$H' = H'' = \frac{\delta\, s}{2}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 47.$$

Das Verdrehungsmoment für den Träger ist

$$M_t = \frac{s\,\delta^2\,(1+k)}{6} \text{ für die Längeneinheit des Trägers.} \quad . \quad . \quad . \quad 48.$$

Das Gewicht der Längeneinheit einer Kappe ist (Fig. 438)

$$G = b\left[\frac{\gamma}{3}\,(d + 2\,h) + (\gamma_1 - \gamma)\,\frac{\delta}{2}\left(1 + \frac{k}{3}\right)\right]. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 49.$$

Ist das Einheitsgewicht der Uebermauerung gleich dem der Kappe, also $\gamma = \gamma_1$, so bleiben die obigen Gleichungen bestehen; nur geht Gleichung 46 über in

$$d_{\gamma=\gamma_1} = h + b\,\frac{6\,[\gamma\, h\,(2+k) + p\,(1+2\,k)]}{\sqrt{432\, s\, p\,(2+k)} - \gamma\, b\,(2+k)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 50.$$

und Gleichung 39 in

$$G_{\gamma=\gamma_1} = \frac{\gamma\, b\,(d + 2\,h)}{3}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 51.$$

Ergiebt sich in bestimmtem Falle nach Gleichung 45 ein δ, welches grösser ist als das zunächst angenommene h, so ist in den weiteren Formeln δ statt h einzuführen, und die Kappe erhält im Scheitel keine Uebermauerung.

Schliesslich ist zu prüfen, ob für die berechnete Kappe $\frac{d-h}{b}$, d. h. das Pfeilverhältnis, mit demjenigen übereinstimmt, welches dem zuerst angenommenen k-Werte nach Gleichung 43 oder 44 zu Grunde liegt. Ist dies nicht der Fall, so ist die Rechnung mit dem dem berechneten $\frac{d-h}{b}$ nach Gleichung 43 oder 44 entsprechenden k zu wiederholen. Da sich jedoch die Grössen δ und d mit erheblichen Abweichungen von k nur langsam ändern, so wird diese Berichtigungsrechnung nur selten erforderlich werden.

Beispiel. In einem Lagerhause sollen die Kappen zwischen Eisenträgern so gewölbt werden, dass letztere, abgesehen vom Randträger, keinen Seitenschub erhalten. Die Dicke der Decke soll an den schwächsten Stellen, wegen Dichtigkeit gegen Kälte, mindestens ($h =$) 18^{cm} betragen. Die Kappen werden in hartem Backstein mit $\gamma_1 = 0{,}0018^{\text{kg}}$ für 1^{cbcm} und mit Rücksicht auf Stösse $s = 6^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} gewölbt, dann mit Schlackenbeton ($\gamma = 0{,}00123^{\text{kg}}$ für 1^{cbcm}) überstampft; die Trägerteilung ist ($b =$) 150^{cm} und die zu tragende Verkehrslast ($p =$) $0{,}12^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}.

Es ist zunächst bei Backsteinwölbung gleich bleibende Kappenstärke vorauszusetzen und daher nach der Zusammenstellung zu Gleichung 43, bei dem angenommenen Pfeilverhältnisse $\frac{d-h}{b} = \frac{1}{20}$, $k = 0{,}02$ einzuführen. Dann wird nach Gleichung 45

$$\delta = \frac{150}{2}\sqrt{\frac{3\cdot 0{,}12}{6\cdot 2{,}02}} = 12{,}92^{\text{cm}} = \sim 13^{\text{cm}},$$

und nach Gleichung 46

$$d = 18 + 150\,\frac{6\,(0{,}00123\cdot 18\cdot 2{,}02 + 0{,}12\cdot 1{,}04) + (0{,}0018 - 0{,}00123)\cdot 12{,}92\cdot 6{,}02\cdot 2{,}02}{\sqrt{432\cdot 6\cdot 0{,}12\cdot 2{,}02} - 0{,}00123\cdot 150\cdot 2{,}02} = 24{,}72^{\text{cm}} = \sim 25^{\text{cm}};$$

ferner nach Gleichung 47

$$H' = H'' = \frac{12{,}92\cdot 6}{2} = 37{,}8^{\text{kg}} \text{ für 1 lauf. Centim. Träger;}$$

nach Gleichung 48

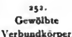
$$M_t = \frac{6 \cdot 12{,}92^2 \cdot 1{,}02}{6} = 170 \text{ cmkg für 1 lauf. Centim. Träger;}$$

endlich nach Gleichung 49

$$G = 150 \left[\frac{0{,}00123}{3}(25 + 2 \cdot 18) + (0{,}0018 - 0{,}00123)\frac{13}{2}\left(1 + \frac{0{,}02}{3}\right)\right] = 4{,}31 \text{ kg für 1 lauf. Centim. Träger.}$$

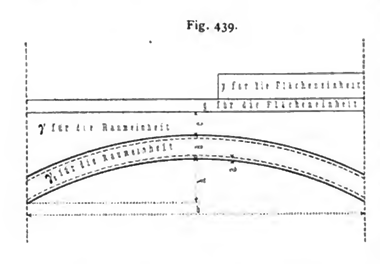
Bei diesen Abmessungen wird $\frac{d-h}{b} = \frac{25-18}{150} = \frac{1}{21{,}4}$; angenommen war $\frac{1}{20}$. Diese Abweichung hat auf k einen so geringen Einfluss, dass die Berichtigungsrechnung nicht angestellt zu werden braucht.

B) Wölbungen mit Eiseneinlagen; gewölbte Verbundkörper.


252.
Gewölbte Verbundkörper.

Wölbungen mit Eiseneinlagen werden da verwendet, wo die Querschnitte auch Zugspannungen ausgesetzt sein können, also dieselben Anforderungen an die Wölbung gestellt werden wie bei den Platten. Dies tritt namentlich ein, wenn die Spannweite gegen die Gewölbdicke gross ist und eine starke Verkehrslast in beliebiger Verteilung bei grosser Spannweite getragen werden soll. In solchen Fällen haben die gefährlichsten Querschnitte bei verschiedenen Laststellungen Biegungsmomente verschiedenen Sinnes und fast gleicher Grösse aufzunehmen, so dass bald die äussere, bald die innere Laibung die gezogene ist und zwei Eiseneinlagen zu verwenden sind. Daneben tritt stets Längsdruck auf.

Fig. 439.



In Fig. 439 ist der allgemeinste Fall einer solchen Verbundwölbung der Dicke d im Scheitel mit zwei Einlagen, der Uebermauerung c, der Fussboden- und Füllstofflast g und der Verkehrslast p bei der Spannweite b und dem Pfeile h angedeutet.

Die Wirkungen der Lasten sind zunächst zu bestimmen nach den Gleichungen

für den Querschnitt im Viertel der Weite b:

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + 0{,}4\, p\right]; \\ V &= b\left[\frac{\gamma_1 d}{4} + \gamma\left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48}\right) + \frac{g}{4} + 0{,}108\, p\right]; \\ D &= \sqrt{H^2 + V^2}; \quad M = b^2 (0{,}00078 \cdot \gamma h + 0{,}0162\, p); \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 52.$$

für den Scheitelquerschnitt

$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + 0{,}259\, p\right]; \\ M &= b^2 (0{,}00417\, \gamma h + 0{,}00463\, p). \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 53.$$

Nach diesen Kraftwirkungen, zu deren Feststellung d zunächst innerhalb weiter Grenzen zu schätzen ist, erfolgt nun die Stärkenbestimmung des Verbundkörpers wie bei den Platten, wobei jedoch wieder zu unterscheiden ist, ob die Zugfestigkeit

der Umhüllung eingehalten werden mufs oder überfchritten werden darf, d. h. ob feine Riffe vermieden werden müffen, oder ob ihr Eintreten kein Bedenken hat, oder fchliefslich, ob nach den neueften Erfahrungen die Ausnutzung der Zugfpannungen bis zur Streckgrenze s_{st} zugelaffen wird. Ferner ift zu unterfcheiden, ob die Verbundwölbung überall gleiche Stärke haben oder ob die Stärke in den Schenkeln zunehmen foll; im erfteren Falle gilt nur Gleichung 52, in letzterem Gleichung 52 für den Querfchnitt im Viertel, Gleichung 53 für den Scheitelquerfchnitt.

253. Riffe ausgefchloffen; Bogen überall gleiche Stärke.

a) Die zuläffige Zugfpannung der Umhüllung s_{mz} darf nicht überfchritten werden; die Wölbung erhält überall gleiche Stärke.

Man beftimme D und M nach Gleichung 52, hierauf nach den anzunehmenden Verhältniffen je nach Art der Einlagen aus Gleichung 10 oder 14 die Gröfse W'' und dann nach Gleichung 10: s_{mz}. Bleibt diefe Spannung unter der zuläffigen, fo war die angenommene Verbundwölbung zu ftark; überfteigt fie die zuläffige, fo war die Wölbung zu fchwach; die Rechnung ift zu wiederholen, bis genügende Uebereinftimmung erzielt ift.

Beifpiel. In einem Verwaltungsgebäude foll ein Raum mit $b = 300^{cm}$ breiten Balkenfachen in Verbundwölbung mit zwei Einlagen aus beftem Beton mit $h = 20^{cm}$ Pfeil eingewölbt und nachher in der unteren Laibung mit Stuck verziert werden, weshalb keine Riffe entftehen dürfen; deshalb wird für s_{mz} die Grenze von 5^{kg} für 1^{qcm} feftgefetzt. Die zu tragende Laft ift $p = 0{,}05^{kg}$ für 1^{qcm} und $\gamma_1 = 0{,}0022^{kg}$ für 1^{cbcm}; die Ueberfüllung e beträgt zum Einlagern von Lagerhölzern 10^{cm}, und γ ift $0{,}0012^{kg}$ für 1^{cbcm}; weiter ift Parkett- mit Blindboden mit $g = 0{,}004^{kg}$ für 1^{qcm} zu tragen. Wird die Wölbdicke zunächft mit $d = 6^{cm}$ angenommen, fo ift nach Gleichung 52

$$H = \frac{300^2}{8 \cdot 20}\left[0{,}0022 \cdot 6 + 0{,}0012\left(10 + \frac{20}{5}\right) + 0{,}004 + 0{,}4 \cdot 0{,}05\right] = 30{,}4^{kg}$$

$$V = 300\left[\frac{0{,}0022 \cdot 6}{4} + 0{,}0012\left(\frac{10}{4} + \frac{20}{48}\right) + \frac{0{,}004}{4} + 0{,}108 \cdot 0{,}05\right] = 4{,}0^{kg}$$

$$D = \sqrt{30{,}4^2 + 4^2} = 30{,}6^{kg};$$

$$M = 300^2\,(0{,}00078 \cdot 0{,}0012 \cdot 20 + 0{,}0162 \cdot 0{,}05) = 74{,}2^{cmkg}.$$

Wird der Verbundkörper mit Drähten von $1{,}0^{cm}$ Durchmeffer $f = 0{,}785^{qcm}$ in $t = 10^{cm}$ Teilung bei $a = 1{,}5^{cm}$ hergeftellt, ift die Elafticitätsziffer des Betons $E_m = 200\,000^{kg}$ für 1^{qcm}, diejenige des Eifens $2\,100\,000^{kg}$ für 1^{qcm}, alfo $n = E_e : E_m = 10{,}5$, fo wird $F = 6 \cdot 10 = 60^{qcm}$, alfo nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{60 \cdot 6}{6} + 10{,}5 \cdot 0{,}785\left(6 - 4 \cdot 1{,}5\,\frac{6 - 1{,}5}{6}\right) = 60 + 12{,}4 = 72{,}4\,,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{mz} = \frac{74{,}2 \cdot 10}{72{,}4} - \frac{30{,}6 \cdot 10}{60 + 10{,}5 \cdot 0{,}785} = 10{,}25 - 4{,}5 = 5{,}75^{kg} \text{ und } s_{md} = 10{,}25 + 4{,}5 = 14{,}75^{kg} \text{ für } 1^{qcm}.$$

Die Wölbung ift alfo zur Minderung der zu hohen Zugfpannung etwa von 6 auf $6{,}5^{cm}$ zu verftärken, oder die Drahteinlagen find enger zu legen, damit die Grenze von $s_{mz} = 5{,}0$ genau eingehalten wird.

254. Riffe ausgefchloffen; Bogenfchenkel verftärkt.

b) Die zuläffige Zugfpannung der Umhüllung s_{mz} darf nicht überfchritten werden; die Wölbung erhält in den Schenkeln wachfende Stärke.

In folchen Fällen ift zunächft die obige Unterfuchung für den im Viertel der Spannweite liegenden Querfchnitt nach Gleichung 52, 10 oder 14 u. 16 durchzuführen, dann unter Beibehaltung derfelben Laften, aber unter Annahme einer geringeren Wölbftärke d nach Gleichung 53, 10 oder 14 u. 16 für den Scheitel.

Beifpiel. Sollte die zuletzt im Viertel der Weite berechnete Kappe im Scheitel verfchwächt werden, fo ift zunächft nach Gleichung 53

$$D = \frac{300^2}{8 \cdot 20}\left[0{,}0022 \cdot 6 + 0{,}0012\left(10 + \frac{20}{5}\right) + 0{,}004 + 0{,}259 \cdot 0{,}05\right] = 23{,}8^{kg},$$

$$M = 300^2\,(0{,}00417 \cdot 0{,}0012 \cdot 20 + 0{,}00463 \cdot 0{,}05) = 29{,}9^{cmkg}.$$

Für $t = 10$, $n = 10{,}5$, $a = 1{,}5^{\text{cm}}$, $f = 0{,}785^{\text{qcm}}$ (wie oben) und $d = 4^{\text{cm}}$ ift $F = 4 \,.\, 10 = 40^{\text{qcm}}$, alfo nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{40 \,.\, 4}{6} + 10{,}5 \,.\, 0{,}785 \left(4 - 4 \,.\, 1{,}5 \frac{4 - 1{,}5}{4}\right) = 28{,}8 \,,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{m\,z} = \frac{29{,}9 \,.\, 10}{28{,}8} - \frac{23{,}5 \,.\, 10}{40 + 10{,}5 \,.\, 0{,}785} = 10{,}4 - 4{,}88 = 5{,}52^{\text{kg}}, \quad s_{m\,d} = 10{,}4 + 4{,}88 = 15{,}28^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qcm}},$$

die Verbundwölbung ift demnach bei Einhaltung von $s_{m\,z} = 5^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} im Scheitel auf etwa $d = 4{,}5^{\text{cm}}$ zu bringen.

c) Die Zugfeftigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Riffe überfchritten werden; die Wölbftärke ift unveränderlich.

Für diefen Fall beftimme man zunächft M und D nach Gleichung 52, worauf dann die Abmeffungen der Verbundwölbung, d. h. d, z und t nach dem Gleichungsfatze 21 (S. 215) ermittelt werden. Da bei den Wölbungen D ftets verhältnismäfsig fehr hoch ausfällt, fo tritt hier befonders häufig der Fall ein, dafs Gleichungsfatz 21 ungültig wird und durch Gleichung 16 oder 17 erfetzt werden mufs, wie bei Gleichung 21 (S. 215) erörtert wurde; man wird daher hier die Bedingungen der Gleichungen 22 u. 23 oder 24 für die Gültigkeit von Gleichung 21 regelmäfsig zur Anwendung zu bringen haben.

255. Riffe zuläffig: Wölbftärke unveränderlich.

Für die Feftfetzung von D ift auch hier d zunächft fchätzungsweife reichlich grofs einzuführen.

Beifpiel. Für einen mit $p = 2500^{\text{kg}}$ für 1^{qm} beliebig zu belaftenden Speicherboden follen $b = 4{,}00^{\text{m}}$ weite Fache von $h = 0{,}25^{\text{m}}$ Pfeil mit porigen Thonkaften in Zementmörtel mit $\gamma_1 = 1200^{\text{kg}}$ für 1^{cbm}, $s_{m\,d} = 150000^{\text{kg}}$ für 1^{qm} und $E_m = 1200000000^{\text{kg}}$ für 1^{qm} eingewölbt werden. Die Ueberfüllung aus Sand mit etwas Zement (Fig. 439) ift $c = 0{,}12^{\text{m}}$ ftark und wiegt $\gamma = 1600^{\text{kg}}$ für 1^{cbm}. Der Fufsboden befteht aus Eftrich von $g = 50^{\text{kg}}$ für 1^{qm} Gewicht. Wird die Wölbdicke für die Berechnung der Laften zunächft mit $d = 0{,}40^{\text{m}}$ gefchätzt, fo ift nach Gleichung 52

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{4^2}{8 \,.\, 0{,}25}\left[1200 \,.\, 0{,}4 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 0{,}4 \,.\, 2500\right] = 14416^{\text{kg}} \\ V &= 4\left[\frac{1200 \,.\, 0{,}4}{4} + 1600\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}25}{48}\right) + \frac{50}{4} + 0{,}108 \,.\, 2500\right] = 1835^{\text{kg}} \end{aligned}\right\} D = \sqrt{14416^2 + 1835^2} = 14500^{\text{kg}};$$

$$M = 4^2\,(0{,}00078 \,.\, 1600 \,.\, 0{,}25 + 0{,}0162 \,.\, 2500) = 652^{\text{mkg}} \,.$$

Werden die Einlagen aus Flacheifen $4 \times 0{,}3^{\text{cm}}$ mit $f = 0{,}00012^{\text{qm}}$ und $a = 0{,}03^{\text{m}}$ gebildet, $s_e = 8000000^{\text{kg}}$ für 1^{qm} und $E_e = 21000000000^{\text{kg}}$ für 1^{qm} eingeführt, fo ift zu Gleichung 21

$$m = \frac{8000000 \,.\, 1200000000}{150000 \,.\, 21000000000} = 3{,}05 \,,$$

und weiter

$$\alpha = 0{,}03 + \frac{3 \,.\, 14500 \,.\, (1 + 3{,}05)^2}{2 \,.\, 150000 \,.\, (2 + 3 \,.\, 3{,}05)} = 0{,}03 + 0{,}213 = 0{,}243 \,;$$

$$\beta = 6\,\frac{(652 - 14500 \,.\, 0{,}03)\,(1 + 3{,}05)^2}{150000 \,.\, (2 + 3 \,.\, 3{,}05)} - 0{,}03^2 = 0{,}0119 \,;$$

$$d = 0{,}243\left(1 + \sqrt{1 + \frac{0{,}0119}{0{,}243^2}}\right) = 0{,}31^{\text{m}}; \quad z = \frac{0{,}31 - 0{,}03}{1 + 3{,}05} = 0{,}119^{\text{m}}.$$

Die Bedingung der Gleichung 22: $D > \dfrac{150000 \,.\, 0{,}119}{2}$, alfo $D > 8920$ ift erfüllt, da $D = 14500^{\text{kg}}$ ift; folglich hat der Gleichungsfatz 21 für diefen Fall keine Gültigkeit, und es mufs nach Gleichung 16 gerechnet werden. Wird dazu nun $d = 0{,}40^{\text{m}}$, wie oben angenommen, beibehalten, t entfprechend der Breite der Thonkaften mit $0{,}20^{\text{m}}$ eingeführt, fo ift für Gleichung 10

$$F = 0{,}40 \,.\, 0{,}20 = 0{,}08^{\text{qm}}, \quad n = 21000000000 : 1200000000 = 17{,}50 \,,$$

alſo bei zwei Reihen von Einlagen

$$W''' = \frac{0{,}08 \cdot 0{,}4}{6} + 17{,}5 \cdot 0{,}00012 \left(0{,}4 - 4 \cdot 0{,}03 \, \frac{0{,}4 - 4 \cdot 0{,}03}{0{,}4}\right) = 0{,}00594 \, ,$$

und nach Gleichung 16 (S. 213) für Druck und Biegung bei zwei Einlagen

$$s_{m\,z} = \frac{652 \cdot 0{,}2}{0{,}00594} - \frac{14500 \cdot 0{,}2}{0{,}08 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012} = 21900 - 35400 = -3500^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qm}} .$$

An der vom Moment gezogenen Kante herrſcht alſo noch ein geringer Druck von $0{,}35^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}. Der Druck an der gedrückten Kante iſt nur $s_{m\,d} = 21900 + 35400 = 57300^{\text{kg}}$ für $1^{\text{qm}} = 5{,}73^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}; alſo iſt die Wölbung mit $0{,}40^{\text{m}}$ erheblich zu ſtark angenommen. Die Rechnung nach Gleichung 10 u. 16 iſt mit weſentlich geringerer Dicke, etwa $d = 0{,}30^{\text{m}}$ zu wiederholen, wobei dann auch D nach Gleichung 52 etwas ſchwächer wird.

Dieſe Verhältniſſe werden auch durch die Bedingung der Gleichung 23 angezeigt, nach welcher für $s_{max} = 80000^{\text{kg}}$ auf 1^{qm} als Zugfeſtigkeit des Thonkaſtenmauerwerkes

$$D > \left(\frac{652}{0{,}00594} - \frac{80000}{0{,}2}\right) (0{,}08 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012), \text{ alſo } D > -23800^{\text{kg}}$$

ſein muſs, wenn Gleichung 21 die Gültigkeit verlieren ſoll. Dieſe Bedingung iſt durch $D = +14500^{\text{kg}}$ weitaus erfüllt.

256. Riſſe zuläſſig; Bogenſchenkel verſtärkt.

b) Die Zugfeſtigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Riſſe überſchrittten werden; die Wölbſtärke nimmt in den Schenkeln zu.

In dieſem Falle iſt wieder auch der Scheitelquerſchnitt nach den Gleichungen 53 u. 21 zu beſtimmen und danach und nach der Ermittelung für den Querſchnitt im Viertel der Weite die ganze Form des Gewölbes feſtzuſetzen. Auch iſt die Prüfung mittels Gleichung 22, bezw. 23 oder 24 durchzuführen.

Als Beiſpiel hierzu mag das zuletzt für den Querſchnitt im Viertel der Weite durchgeführte auch auf den Scheitel derſelben Verbundwölbung durchgeführt, dabei d nun aber wieder etwas zu ungünſtig ſchon bei der Ermittelung der äuſseren Kraftwirkungen mit dem verminderten Werte $d = 0{,}20^{\text{m}}$ eingeführt werden. Nach Gleichung 53 iſt für den Scheitel

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25} \left[1200 \cdot 0{,}20 + 1600 \left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 0{,}259 \cdot 2500\right] = 9672^{\text{kg}} ,$$

$$M = 4^2 \, (0{,}00417 \cdot 1600 \cdot 0{,}25 + 0{,}00463 \cdot 2500) = 212^{\text{mkg}} ,$$

und nach Gleichung 21

$$\alpha = 0{,}03 + \frac{3 \cdot 9672 \, (1 + 3{,}05)^2}{2 \cdot 150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3{,}05)} = 0{,}173 \, ;$$

$$\beta = 6 \, \frac{(212 - 9672 \cdot 0{,}03) \, (1 + 3{,}05)^2}{150000 \, (2 + 3 \cdot 3{,}05)} - 0{,}03^2 = -0{,}00549 \, ;$$

$$d = 0{,}173 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{0{,}00549}{0{,}173^2}}\right) = 0{,}33^{\text{m}} ; \quad z = \frac{0{,}33 - 0{,}03}{1 + 3{,}05} = 0{,}074^{\text{m}} .$$

Nach Gleichung 22 muſs $D < \frac{150000 \cdot 0{,}074}{2}$, alſo $D < 5550^{\text{kg}}$ ſein, wenn die vorſtehende Rechnung richtig ſein ſoll. D iſt aber gröſser als dieſer Wert; folglich muſs die Stärke der Wölbung nach Gleichung 10 u. 16 berechnet werden. Für das eingeführte $d = 0{,}20^{\text{m}}$ iſt nach Gleichung 10, wenn t mit $0{,}20^{\text{m}}$ beibehalten wird,

$$F = 0{,}2 \cdot 0{,}2 = 0{,}04^{\text{qm}},$$

$$W''' = \frac{0{,}04 \cdot 0{,}2}{6} + 17{,}5 \cdot 0{,}00012 \left(0{,}2 - 4 \cdot 0{,}03 \, \frac{0{,}2 - 0{,}03}{0{,}2}\right) = 0{,}00154 \text{ (auf Met. bezogen)}$$

und nach Gleichung 16

$$s_{z\,m} = \frac{212 \cdot 0{,}2}{0{,}00154} - \frac{9672 \cdot 0{,}2}{0{,}04 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012} = 27600 - 4600 = 23000^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qm}} .$$

Dem angenommenen Mauerwerke aus Thonkaſten in Zementmörtel können 80000^{kg} für 1^{qm} bis zum Zerreiſsen zugemutet werden, und ſtatt der auftretenden Druckſpannung von $27600 + 4600 = 32200^{\text{kg}}$

für 1 qm ſind 150 000 kg für 1 qm zuläſſig; alſo iſt die Stärke $d = 0{,}20$ m für den Scheitel gleichfalls noch zu groſs, und die letzte Rechnung iſt mit einem geringeren Werte zu wiederholen, bis die Spannungen $s_{mz} = 80\,000$ kg für 1 qm und $s_{md} = 150\,000$ kg für 1 qm erreicht werden.

e) Die Zugſpannungen im gezogenen Plattenteile werden als bis zur Streckgrenze s_{st} wirkſam eingeführt.

Für dieſen Fall kommen die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) zur Anwendung. 257. Zugſpannung bis zur Streckgrenze berückſichtigt.

Als Beiſpiel wird das unter c und b behandelte, für beſten Beton, aber mit 0,40 m Pfeil beibehalten, indem als durchſchnittliche Dicke des Bogens das Maſs von 0,10 m eingeführt und beſtimmt wird, daſs ein Fünftel der Gewölbelänge rippenartige Verſtärkungen mit $v = 0{,}2$ erhalten ſoll. Weiter iſt dann für Gleichung 52: $d = 0{,}10$ m, $\gamma_1 = 2{,}2$ t für 1 cbm, $c = 0{,}12$ m, $\gamma = 1{,}6$ t für 1 cbm, $g = 0{,}05$ t für 1 qm, $h = 0{,}40$ m, $p = 2{,}5$ t für 1 qm, $b = 4$ m und für die Benutzung der Gleichungen 26 bis 32: $s_d = 350$ t für 1 qm, $s_e = 10\,000$ t für 1 qm, $s_{st} = 50$ t für 1 qm, $E_d = 2\,000\,000$ t für 1 qm, $E_e = 21\,000\,000$ t für 1 qm, $E_z = 800\,000$ t für 1 qm.

Nach Gleichung 52 iſt für das Viertel der Weite

$$H = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[0{,}10 \cdot 2{,}2 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 0{,}40 \cdot 2{,}5\right] = 7{,}96\ \mathrm{t},$$

$$V = 4\left[\frac{2{,}2}{4}\,0{,}1 + 1{,}6\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}4}{48}\right) + \frac{0{,}05}{4} + 0{,}108 \cdot 2{,}5\right] = 1{,}59\ \mathrm{t},$$

$$D = \sqrt{7{,}96^2 + 1{,}59^2} = 8{,}1\ \mathrm{t},$$

$$M = 4^2\,(0{,}00078 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 + 0{,}0162 \cdot 2{,}5) = 0{,}656\ \mathrm{mt}.$$

Wird noch für jede Rippe eine Einlage von vier Drähten von 1,6 cm Durchmeſſer mit $f = 4\,\frac{0{,}016^2}{4}\,\pi = 0{,}00081$ qm und $a = 0{,}02$ m von Unterkante vorgeſehen, ſo iſt nach Gleichung 26

$$r = \frac{50 \cdot 21\,000\,000}{10000 \cdot 800\,000} = 0{,}131, \qquad n\,\frac{350 \cdot 21\,000\,000}{10000 \cdot 2\,000\,000} = 0{,}367;$$

nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}367^2}\left\{350 \cdot \frac{0{,}367 \cdot 3{,}734}{3} - 0{,}2 \cdot 50\left[1 - 0{,}131\left(1 - \frac{0{,}131}{3}\right)\right]\right\} = 40{,}4;$$

nach Gleichung 28

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{40{,}4}\left\{\frac{8{,}1}{4} + \sqrt{\left(\frac{8{,}1}{4}\right)^2 + 40{,}4\left[0{,}656 - \frac{0{,}02}{2}\,(8{,}1 + 0{,}2 \cdot 0{,}02 \cdot 50)\right]}\right\}$$

$$= 0{,}02 + 0{,}1795 = 0{,}1995 = \sim 0{,}2;$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}367}{1{,}367}\,(0{,}02 - 0{,}2) = 0{,}0484\ \mathrm{m},$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00081 \cdot 10000}{350\,\frac{0{,}0484}{2} - 8{,}1 - 0{,}2 \cdot 50\left[(0{,}2 - 0{,}0484)\left(1 - \frac{0{,}131}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}131}{2}\right]}$$

$$= -\frac{8{,}1}{1{,}058} = -7{,}66\ \mathrm{m}.$$

Der Längsdruck überwiegt bei der flachen Wölbung demnach ſo, daſs die Bedingung der Gleichung 32 eben nicht erfüllt iſt. Man wird demnach die vorgeſehenen Rippen nach Gutdünken in zweckmäſsiger Teilung anbringen und dann immer eine reichlich ſtarke Kappe erhalten. Die Wölbung wird $z = 4{,}8 = \sim 5$ cm dick; die Rippen ſpringen $d - z = 20 - 5 = 15$ cm vor, und zwar nach oben und unten, weil das Moment ſowohl im angenommenen, als auch im entgegengeſetzten Sinne auftreten kann.

Jede der Rippen erhält das 0,2fache der Teilung als Breite und vier Drahteinlagen von 1,6 cm Durchmeſſer, mit der Mitte 2 cm vom Auſsenrande, und zwar ſowohl oben wie unten. Die durchſchnittliche Dicke der Kappe iſt $5 + 2\,\frac{1}{5}\,15 = 11$ cm; alſo iſt die anfänglich zur Gewichtsermittelung eingeſetzte Dicke von 0,1 m genügend genau.

Im Scheitel wird die Anordnung fchwächer. Wird hier fchätzungsweife $d = 0{,}08^{\text{m}}$ eingeführt, fo ift nach Gleichung 53

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4} \left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6 \left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 0{,}259 \cdot 2{,}5\right] = 5{,}94^{\text{t}},$$

$$M = 4^2 \left(0{,}00417 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 + 0{,}00463 \cdot 2{,}2\right) = 0{,}227^{\text{mt}};$$

nach Gleichung 28

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{40{,}4} \left\{ \frac{5{,}98}{4} + \sqrt{\left(\frac{5{,}98}{4}\right)^2 + 40{,}4 \left[0{,}227 - \frac{0{,}02}{2} \left(5{,}98 + 0{,}2 \cdot 0{,}02 \cdot 50\right)\right]} \right\}$$

$$= 0{,}02 + 0{,}1298 = 0{,}1498 = \backsim 0{,}15^{\text{m}};$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}367}{1{,}367} \left(0{,}15 - 0{,}02\right) = 0{,}035^{\text{m}},$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00081 \cdot 10000}{350 \cdot \frac{0{,}035}{2} - 5{,}98 - 0{,}2 \cdot 50 \left[\left(0{,}15 - 0{,}035\right)\left(1 - \frac{0{,}131}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}131}{2}\right]}$$

$$= - \frac{8{,}1}{0{,}948} = - 8{,}55^{\text{m}}.$$

Die Eifeneinlagen find alfo wegen Flachheit der Kappe auch hier nicht auszunutzen; die Rippen fpringen hier $d - z = 15 - 3{,}5 = 11{,}5^{\text{cm}}$ nach oben und unten vor, wozu oben in der Sandüberfüllung von 12^{cm} Platz ift, und jede Rippe erhält oben und unten vier Drähte von $1{,}6^{\text{cm}}$ Durchmeffer. Die durchfchnittliche Dicke ift $3{,}5 + 2 \frac{1}{5} 11{,}5 = 8{,}1^{\text{cm}}$, fo dafs die anfängliche Schätzung für das Gewicht genau ftimmt.

Um fpäter den zuläffigen Gegenfchub einer unbelafteten Kappe berechnen zu können, foll hier feftgefetzt werden, dafs die Rippen in $t = 2{,}00^{\text{m}}$ Teilung mit $rt = 0{,}20 \cdot 2 = 0{,}40^{\text{m}}$ Breite mit je vier Drähten von $1{,}6^{\text{cm}}$ Durchmeffer oben und unten $a = 0{,}02^{\text{m}}$ von der Aufsenkante angeordnet werden.

258. Schlufsfolgerungen.

Die Ergebniffe diefer Berechnungen zeigen in Uebereinftimmung mit der allgemeinen Ueberlegung, dafs der Erfolg der Eifeneinlagen für Wölbungen ein wefentlich geringerer ift, als für Platten namentlich dann, wenn der Längsdruck fo grofs wird, dafs er die aus der Biegung entftehenden Zugfpannungen überwiegt, wenn alfo die Bedingungen der Gleichungen 22 bis 24 erfüllt werden oder die Bedingung der Gleichung 32 nicht zutrifft. Dies ift nun hauptfächlich bei Wölbungen mit geringem Pfeilverhältniffe und voller Belaftung der Fall; ein erheblicher Nutzen wird für Wölbungen aus den Eifeneinlagen alfo nur bei grofsem Pfeile und ftark wechfelnder Verkehrslaft gezogen. Diefe find aber aus naheliegenden Gründen bezüglich der erfteren Bedingung bei der Ausfullung der Fache von Balkendecken felten, und fo ergiebt fich, dafs die Verbundwölbungen für Balkenfache überhaupt keine grofse Bedeutung haben. Man wird meift Verbundplatten oder Wölbungen ohne Eifeneinlagen zu wählen haben.

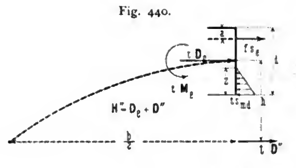
Ein merklicher Erfolg wird aber durch die Einlagen erzielt, wenn man die den Gleichungen 26 bis 30 zu Grunde liegende Ausnutzung der Zugfpannungen bis zur Streckgrenze als zuläffig erachtet, dann aber weniger unmittelbar durch die Einlagen als dadurch, dafs man eben wegen des Vorhandenfeins der Einlagen die Zugfpannungen in fo hohem Mafse ausnutzen kann.

Die Gleichungen 26 bis 32 geben die fparfamften Verbundkappen, auch wenn man mit den zuläffigen Spannungen nicht fo hoch geht, wie in den vorgeführten Beifpielen gefchehen ift.

259. Wagrechte Schübe.

Schliefslich bleibt noch der durch die obigen Gleichungen noch nicht feftgelegte Schub H' einer voll belafteten Verbundkappe gegen ihre Stützungen, fowie

Fig. 440.



der gröfste zuläffige Widerftand H'' einer von der Verkehrslaft freien Verbundkappe anzugeben, Gröfsen, die für die Berechnung der Kappen meift keine, aber grofse Bedeutung für diejenigen der Balken haben.

Der gröfste Schub einer voll belafteten Verbundkappe ift mit Bezug auf Fig. 439

$$H' = \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + p\right], \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 54.$$

und der gröfste Widerftand H'', der einer unbelafteten Verbundkappe zugemutet werden darf, folgt aus dem Gleichungsfatze (Fig. 440)

$$D_e = \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g\right]; \quad M_e = 0{,}00417\ \gamma\ h\ b^2. \quad . \quad . \quad . \quad 55.$$

Wird die Annahme gemacht, dafs keine Zugfpannungen auftreten, fo folgt der gefuchte Gegenfchub auf den in Art. 246 (S. 215) u. 255 (S. 227) erörterten Grundlagen unter Benutzung der folgenden Gleichungen. Der zu Grunde liegende Spannungszuftand ift in Fig. 440 dargeftellt. 260. Zugfpannungen nicht berückfichtigt.

$$\left.\begin{aligned} z^3 + z^2 \,.\, 3\left(h - \frac{d}{2}\right) + z \,.\, 6\left[\frac{M_e - D_e \,.\, h}{s_{md}} + \frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)\right] \\ = 6\,\frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)(d-a); \quad s_e = \frac{n\, s_{md}\,(d-a-z)}{z}, \\ \text{und fchliefslich} \qquad H'' = \frac{s_{md}\, z}{2} - \frac{f s_e}{t} \quad \text{und} \quad D'' = H'' - D_e\,. \end{aligned}\right\} \quad 56.$$

Die Löfung der Gleichung für z erfolgt wieder leicht durch Ausrechnen dreier Werte und Auftragung wie bei Gleichung 8, da man die ungefahre Löfung für z mit etwa $\frac{d}{2}$ bis $\frac{d}{4}$ ftets kennt. Die Löfung wird in folgenden Beifpielen vorgefuhrt.

Beifpiel. Es foll feftgeftellt werden, wie viel Widerftand die in Art. 256 (unter b am Schluffe) berechnete Kappe mit $d = 0{,}20$ m, $t = 0{,}20$ m, $a = 0{,}02$ m, $f = 0{,}00012$ qm, $h = 0{,}25$ m, $b = 4{,}00$ m und $n = E_e : E_m = 17{,}5$ leiften darf, wenn die gröfste Druckfpannung s_{md} den Wert von 150000 kg für 1 qm nicht überfchreiten foll.

Zunächft ift der Schub aus dem Eigengewichte nach Gleichung 54

$$D_e = \frac{4^2}{8 \,.\, 0{,}25}\left[1200 \,.\, 0{,}2 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50\right] = 4496 \text{ kg};$$

nach derfelben Gleichung das Moment im Scheitel aus Eigengewicht $M_e = 0{,}00417 \,.\, 1600 \,.\, 0{,}25 \,.\, 4^2 =$ 26,6 mkg. Die Löfung der Gleichung 55 zunächft für z ergiebt fich fo:

$$3\left(h - \frac{d}{2}\right) = 3\left(0{,}25 - \frac{0{,}2}{2}\right) = 0{,}45\,,$$

$$6\left[\frac{M_e - D_e h}{s_{md}} + \frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)\right] = 6\left(\frac{26{,}6 - 4496 \,.\, 0{,}25}{150000} + \frac{17{,}5 \,.\, 0{,}00012}{0{,}2}\left(0{,}15 + \frac{0{,}2}{2} - 0{,}02\right)\right]$$

$$= -\,0{,}02376\,.$$

$$6\,\frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)(d-a) = 6\,\frac{17{,}5 \,.\, 0{,}00012}{0{,}2}\left(0{,}25 + \frac{0{,}2}{2} - 0{,}02\right)(0{,}2 - 0{,}02) = 0{,}00342\,.$$

Demnach lautet die Gleichung 55 für z

$$z^3 + z^2\, 0{,}45 - z \,.\, 0{,}02376 = 0{,}00342.$$

Wird verfuchsweife $z = 0{,}05$, $0{,}10$, $0{,}15$ gefetzt, fo nimmt die linke Seite die Werte $0{,}00006$, $0{,}003124$ und $0{,}00992$ an. Diefe Wertepaare find in Fig. 441 aufgetragen; dann giebt das Ziehen der Wagrechten in der Höhe $0{,}00342$ die Löfung mit $z = 0{,}103$. Weiter folgt dann nach Gleichung 56

$$s_e = \frac{17{,}5 \cdot 150\,000\,(0{,}2 - 0{,}05 - 0{,}103)}{0{,}103} = 1\,710\,000^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qm}}$$

und fchliefslich

$$H'' = \frac{150\,000 \cdot 0{,}103}{2} - \frac{0{,}00012 \cdot 1\,710\,000}{0{,}2} = 6695^{\text{kg}}$$

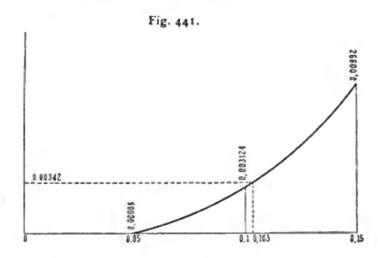
und, da $D_e = 4496^{\text{kg}}$ war, beträgt der aus der Biegungsfeftigkeit des Scheitelquerfchnittes zu gewinnende Gegenfchub $D'' = H'' - D_e = 2199^{\text{kg}}$.

Der Schub der voll belafteten Kappe ift für $d = 0{,}20^{\text{m}}$ nach Gleichung 54

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[1200 \cdot 0{,}2 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 2500\right] = 24\,496^{\text{kg}},$$

welcher die $0{,}20^{\text{m}}$ ftarke Wölbung nicht bis zur zuläffigen Grenze beanfprucht.

Fig. 441.



261. Zugfpannungen bis zur Streckgrenze berückfichtigt.

Wird dagegen angenommen, dafs die Zugfeite Zugfpannungen bis zur Streckgrenze s_{st} leiftet, alfo die Grundlage eingeführt, auf der die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) beruhen und deffen Darftellung fich ergiebt, wenn man die Spannungsverteilung Fig. 428 in Fig. 440 einträgt, fo tritt an Stelle des Gleichungsfatzes 56 nun der folgende:

$$\nu = \frac{s_{st}}{s_d}\,\frac{E_d}{E_e};$$

$$z^3\left\{\frac{\nu\, s_{st}}{2}\left[1 + \nu\left(1 + \frac{\nu}{3}\right)\right] + \frac{s_d}{6}\right\} + z^2\left\{\left(h - \frac{d}{2}\right)\left[\nu\, s_{st}\left(1 + \frac{\nu}{2}\right) + \frac{s_d}{2}\right]\right\}$$

$$- z\left[D\,h - M_e - \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}\left(h + \frac{d}{2} - a\right) + \nu\, s_{st}\, d\, h\right]$$

$$= \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}(d - a)\left(h + \frac{d}{2} - a\right); \quad s_e = \frac{s_d\, E_e}{E_d}\,\frac{d - a - z}{z}; \quad r = \frac{s_{st}}{s_e}\,\frac{E_e}{E_z},$$

und fchliefslich

$$H'' = s_d\,\frac{z}{2} - \frac{f}{t}\, s_e - \nu\, s_{st}\left[(d - z)\left(1 - \frac{r}{2}\right) + \frac{a\,r}{2}\right]; \quad D'' = H'' - D. \qquad 57.$$

Bezüglich der Bezeichnungen wird auf die Erläuterungen zu Gleichung 26 bis 32 in Art. 247 (S. 216) verwiefen. Die Gleichungen 54 u. 55 behalten ihre Gültigkeit auch hier zur Beftimmung der äufseren Kraftwirkungen.

Als Beifpiel foll der zuläffige Gegenfchub der am Schluffe des Beifpieles zu e (Art. 257, S. 229) feftgelegten Verbundkappe beftimmt werden. Der befferen Ueberficht halber wiederholen wir alle Mafs- und Gewichtsangaben in Metern und Tonnen als Einheiten.

$b = 4^{m}$, $h = 0{,}40^{m}$, $\gamma = 2{,}2^{t}$, d für die Gewichtsberechnung nach Gleichungen 54 u. 55 durchschnittlich $= 0{,}08^{m}$, $\gamma = 1{,}6^{t}$, $c = 0{,}12^{m}$, $g = 0{,}05^{t}$, $p = 2{,}5^{t}$, $s_{st} = 50^{t}$, $s_d = 350^{t}$, $E_e = 21\,000\,000^{t}$, $E_d = 2\,000\,000^{t}$, $E_z = 800\,000^{t}$, $\nu = 0{,}2$, d nach der Ausrechnung für den Scheitel am Schlusse des Beispieles zu e (Art. 257, S. 229) $= 0{,}15^{m}$, $f = 0{,}00081^{qm}$, $a = 0{,}02^{m}$ und $t = 2^{m}$. Die Dicke der durchlaufenden Platte war für den Scheitel mit $z = 0{,}035^{m}$ ermittelt, ein Mafs, welches für die Beftimmung des Gegenfchubes nach Gleichung 57 nachzuprüfen ift.

Nach Gleichung 55 ift

$$D_e = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05\right] = 2{,}73^{t}$$

und

$$M_e = 0{,}00417 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 \cdot 4^2 = 0{,}0428^{mt}.$$

Die Gröfsen der Gleichung für z in Gleichung 57 find:

$$v = \frac{50}{350}\,\frac{2\,000\,000}{21\,000\,000} = 0{,}0136,$$

$$\frac{\nu s_{st}}{2}\left[1 + v\left(1 + \frac{v}{3}\right) + \frac{s_d}{6}\right] = \frac{0{,}2 \cdot 50}{2}\left[1 + 0{,}0136\left(1 + \frac{0{,}0136}{3}\right) + \frac{350}{6}\right] = 63{,}4,$$

$$\left(h - \frac{d}{2}\right)\left[\nu s_{st}\left(1 + \frac{v}{2}\right) + \frac{s_d}{2}\right] = \left(0{,}4 - \frac{0{,}15}{2}\right)\left[0{,}2 \cdot 50\left(1 + \frac{0{,}0136}{2}\right) + \frac{350}{2}\right] = 60{,}1,$$

$$D_e h - M_e - \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}\left(h + \frac{d}{2} - a\right) + \nu s_{st} d h$$

$$= 2{,}73 \cdot 0{,}4 - 0{,}0428 - \frac{0{,}00081}{2} \cdot \frac{350 \cdot 21\,000\,000}{2\,000\,000}\left(0{,}4 + \frac{0{,}15}{2} - 0{,}02\right) + 0{,}2 \cdot 50 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}4 = 0{,}9722,$$

$$\frac{f}{t} \cdot \frac{s_d E_e}{E_d}(d - a)\left(h + \frac{d}{2} - a\right) = \frac{0{,}00081 \cdot 350 \cdot 21\,000\,000}{2 \cdot 2\,000\,000}(0{,}15 - 0{,}02)\left(0{,}4 + \frac{0{,}15}{2} - 0{,}02\right)$$

$$= 0{,}088;$$

alfo lautet die Beftimmungsgleichung für z:

$$z^3 \cdot 63{,}4 + z^2 \cdot 60{,}1 - z \cdot 0{,}9722 = 0{,}088.$$

Die Löfung erfolgt, wie zu Fig. 441 in Art. 260 und wie zu Gleichung 8 (S. 208) befchrieben wurde, durch Einfetzen von Werten, die in der Nähe der wahrfcheinlichen Löfung liegen, und durch Auftragen. Es folgt $z = 0{,}046^{m}$, für das die linke Seite den Wert $0{,}089$ annimmt.

Weiter ift nach Gleichung 57

$$s_e = \frac{350 \cdot 21\,000\,000}{2\,000\,000}\,\frac{0{,}15 - 0{,}02 - 0{,}046}{0{,}046} = 6720^{t} \text{ für } 1^{qm}; \quad r = \frac{50 \cdot 21\,000\,000}{6720 \cdot 800\,000} = 0{,}1955,$$

$$H'' = \frac{350 \cdot 0{,}046}{2} - \frac{0{,}00081}{2}\,6720 - 0{,}2 \cdot 50\left[(0{,}15 - 0{,}046)\left(1 - \frac{0{,}1955}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}1955}{2}\right]$$

$$= 8{,}05 - 2{,}71 - 0{,}958 = 4{,}38^{t};$$

der aus dem Widerftande des Scheitelquerfchnittes zu gewinnende Gegenfchub ift alfo

$$D'' = H'' - D_e = 4{,}38 - 2{,}73 = 1{,}65^{t}.$$

Da nach diefer Rechnung die durchlaufende Plattendicke im Scheitel $0{,}046^{m}$ betragen mufs, während am Schluffe des Beifpieles in Art. 257 (S. 229) nur $0{,}035^{m}$ ermittelt war, fo ift das ftärkere Mafs für die Ausführung vorzufchreiben. Der Rippenvorfprung beträgt fomit nun oben und unten $0{,}15 - 0{,}046 = 0{,}104^{m}$, ftatt $0{,}115^{m}$, wie im Beifpiele in Art. 257 ermittelt war.

Der Schub einer voll belafteten Kappe ift nach Gleichung 54 für die Durchfchnittftärke $d = 0{,}08^{m}$

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 2{,}5\right] = 15{,}23^{t}.$$

ι) Fachausfüllungen mit Tonnenblechen und Buckelplatten.

Sind die Balkenfache mit hängenden oder ftehenden Tonnenblechen ausgefüllt (Fig. 442, 443 u. 444), fo ift der wagrechte Zug oder Druck, welcher fich in einem Bleche der vollen Belaftung q, des Pfeiles f (Fig. 443) und der Weite (Trägerteilung) b entwickelt,

262. Fachausfüllung mit Tonnenblechen.

$$H' = \frac{q\,b^2}{8f}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 58.$$

während der Gegenzug oder -Druck des nur mit der Eigenlaſt g für die Einheit belaſteten Nachbarbleches

$$H'' = \frac{g b^2}{8f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 59.$$

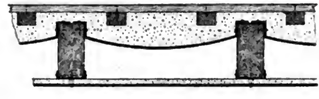
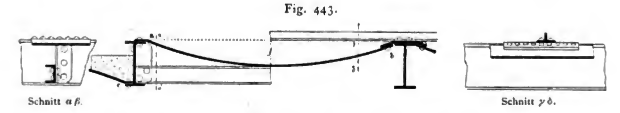


Fig. 442.

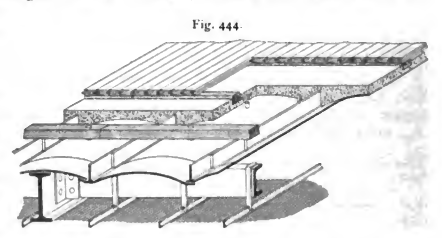
beträgt. Nach H' könnte man nun das Blech der Dicke nach bemeſſen; jedoch ergeben ſich auf dieſe Weiſe ſelbſt bei flachen Pfeilen zu geringe Stärken. Die Bleche wurden früher mindeſtens 8 mm ſtark gemacht; nachdem durch die Verzinkung ein guter

Fig. 443.



Schutz gegen Roſten geſchaffen iſt, geht man bis zu 4 mm herunter. Die übrigen Abmeſſungen der Bleche ſind ziemlich beliebig; jedoch geht man in der Gröſse der einzelnen Bleche nicht gern über 4 qm hinaus; ſchmale und dünne Bleche ſind erheblich kleiner. Werden die Bleche, was in der Regel geſchieht, mit Beton überſtampft, ſo kann man deſſen Druckfeſtigkeit zum Ausgleichen des wagrechten Zuges der Platte ausnutzen, ſo daſs ein ſolcher nie von einem Trägerfache auf das benachbarte übertragen wird.

Fig. 444.

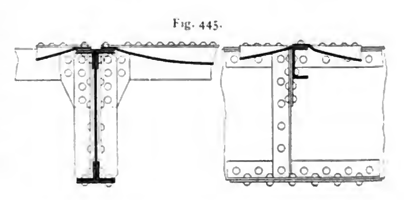


Die Vernietung erfolgt nach den in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abſchn. 3, Kap. 2) dieſes »Handbuches« gegebenen Regeln, und zwar iſt der Nietberechnung für die Längeneinheit des Bleches bei der Befeſtigung nach Fig. 443 bei a die Kraft H', bei Befeſtigung nach Fig. 443 bei b die Kraft $\sqrt{H'^2 + \frac{q^2 b^2}{4}}$ zu Grunde zu legen.

263.
Fachausfüllung mit Buckelplatten.

Wenn die Balkenfache mit Buckelplatten überdeckt ſind (Fig. 445), ſo ſind für die Stärkenabmeſſungen letzterer einfache Berechnungen wenig zuverläſſig; man beſtimmt ihre Tragfähigkeit am ſicherſten nach den Verſuchsergebniſſen, welche in der nachfolgenden Zuſammen-

Fig. 445.



ftellung angeführt find. Die Randvernietung kann fchwächer fein als bei den Tonnenblechen.

Buckelplatten von der Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

L = Länge, B = Breite der Platte, b = Breite des geraden Randes, h = Pfeil des Buckels (in Millim.), G das Gewicht (in Kilogr.).

Nr.	B	L	b	h	G = Gewicht für 1 Stück bei einer Blechftärke von								
					6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10 mm
1	1490	1490	78	130	104	112,5	121,5	130	139	147,5	156,5	165,5	173,5
2	1140	1140	40	85	61	66	71	76	81	86	91	96	101
3	1098	1098	40	75	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
4	1098	1098	78	78	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
5	1000	1000	60	72	47	51	54,5	58,5	62,5	66,5	70,5	74	78
6	750	750	60	45	26,5	28,5	30,5	33	35	37	39,5	41,5	44
7	500	500	60	27	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5
8	1630	1270	80	130	96,5	105	113	121,5	129,5	137,5	145,5	153,5	161,5
9	1100	770	55	80	39,5	43	46	49,5	53	56,5	59,5	63	76
10	1265	1265	80	100	75	81	87,5	94	100	106,5	112,5	118,5	124,5
	Millim.				Kilogr.								

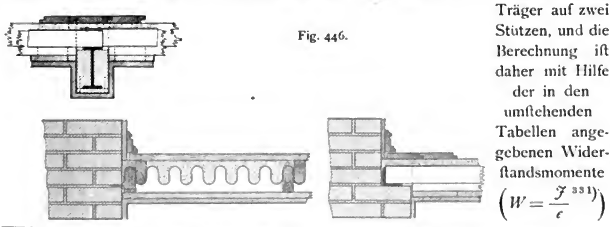
Bezeichnet P die zuläffige gleichförmig verteilte Belaftung von Buckelplatten von 0,90 bis 1,00 m freitragender Länge für 1 qm, G das Gewicht für 1 qm und d die Blechdicke, fo ergeben fich die folgenden Zahlenbeziehungen:

d	G	P	d	G	P
2	14,9	560	5,0	38,6	3400
2,5	19,0	730	6,0	46,9	4900
3,0	23,2	1160	7,0	55,0	6300
4,0	31,0	2000	8,0	63,2	7700
Millim.	Kilogr.		Millim.	Kilogr.	

Preis der Buckelplatten etwa 280 Mark für 1000 kg einfchl. Verlegen.

ζ) Fachausfüllungen mit Wellblech.

Das Wellblech überdeckt fchmale Räume ohne Träger (Fig. 446); über breiteren werden die Tafeln auf allen Trägern geftofsen. Das Blech wirkt alfo faft ftets als Träger auf zwei Stützen, und die Berechnung ift daher mit Hilfe der in den umftehenden Tabellen angegebenen Widerftandsmomente $\left(W = \frac{\mathfrak{J}}{e}\right)$[331]) 264. Fachausfüllung mit Wellblech.


Fig. 446.

[331]) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 299, S. 263; 2. Aufl.: Art. 89, S. 66) diefes »Handbuches«.

A) Flache Wellbleche.

Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

h	*b*	*d*	*B*	*L*	*G*	*W*	Freitragende Länge (in Met.) 1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
							gleichf. vert. Belaftung				
45	150	2,0	1,05	3,0	18,5	19	1140	507	285	182	127
75	230	3,0	0,92	3,0	29	52	3120	1387	780	499	347
75	230	3,5	0,92	3,0	34	60	3600	1600	900	576	400
75	230	4,0	0,92	3,0	39	67	4020	1787	1005	643	447
75	230	4,5	0,92	3,0	44	73	4380	1947	1095	701	487
75	230	5,0	0,92	3,0	49	80	4800	2133	1200	768	533
75	230	5,5	0,92	3,0	54	86	5160	2293	1290	826	573
75	230	6,0	0,92	3,0	59	92	5520	2453	1380	883	613
Millim.			Met.		Kg.		Kilogr.				

Preis des Wellbleches, einfchl. Verlegen, etwa 290 Mark für 1000 kg.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

In den Dicken von 1 bis 26 der deutfchen Lehre.

Nr.	*h*	*b*	*G* für 1 qm bei 1 mm Stärke	*W* bei 1 m Breite und 1 mm Stärke
2½/10	25	100	9,4	7,5
3/10	30	100	9,9	9,5
3½/10	35	100	10,4	12
4/10	40	100	11,1	14
4½/10	45	100	11,5	16
2½/10	25	150	8,5	7
3/15	30	150	8,8	8,5
3½/15	35	150	9,1	10
4/15	40	150	9,4	12
4½/15	45	150	9,8	14
5/15	50	150	10,2	16
	Millim.		Kilogr.	

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr. der deutfchen Blechlehre	*d*	*G* für 1 qm überdeckte Fläche, einfchl. Ueberdeckungen: Profil I. *b* = 120 mm, *h* = 25 mm	Profil II. *b* = 135 mm, *h* = 30 mm	Profil III. *b* = 150 mm, *h* = 40 mm	Profil IV. *b* = 150 mm, *h* = 45 mm	Profil V. *b* = 76 mm, *h* = 25 mm
15	1,50	14,6	14,9	15,7	16,6	16,4
16	1,38	13,4	13,6	14,5	15,2	15,0
17	1,25	12,2	12,3	13,1	13,8	13,6
18	1,13	11,0	11,1	11,9	12,4	12,3
19	1,00	9,8	9,9	10,5	11,0	10,9
20	0,88	8,5	8,6	9,2	9,7	9,6
21	0,75	7,3	7,4	7,9	8,3	8,2
	Millim.	Kilogr.				

L. Fr. Buderus, Germania bei Neuwied.

Nr	*h*	*b*	*d*	*G* für 1 mm Dicke	*L* bis
Z	12	40	0,5—0,875	11	3,1
X	25	75	0,6—1,0	10,1	»
A	27	85	0,8—1,5	9,5	»
B	29	122	0,8—1,75	8,9	»
C	35	137	0,8—1,75	9,1	»
D	40	150	0,8—2	9,2	»
E	75	230	3—5	9,9	»
	Millim.			Kilogr.	Met.

Breest & Co. zu Berlin.

L bis 4 m.

Nr.	*b*	*h*	*d*	*G*	*B*	Nr.	*b*	*h*	*d*	*G*	*B*
A	200	80	4	68	0,45	*C*	180	60	2	30	0,55
»	»	»	3	51	»	»	»	»	1,5	22,5	»
»	»	»	2	32	»	»	»	»	1	15	»
»	»	»	1	16	»	*D*	180	50	1	13	0,60
B	180	70	2	32	0,55	*E*	150	45	1	9	0,60
»	180	70	1,5	24	»	*F*	90	25	1	10	0,75
»	»	»	1	16	»						
	Millim.			Kilogr.	Met.		Millim.			Kilogr.	Met.

b Breite, *h* Höhe einer Welle, *d* Dicke des Bleches (in Millim.); *B* und *L* Breite und Länge (in Met.), bis zu welcher die Bleche geliefert werden; *G* Gewicht (in Kilogr.) für 1 qm; *W* Widerftandsmoment (bezogen auf Centim.) für 1 m Breite; gröfste Beanfpruchung des Eifens 750 kg für 1 qcm. (In einigen Tabellen ift *W* für die Breite *b* einer Welle angegeben, was im Kopfe der betreffenden Tabelle befonders bemerkt ift.)

B) Trägerwellbleche.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	G für 1 qm bei 1 mm Stärke rund	W für 1 m Breite bei 1 mm Stärke	Nr.	h	b	d	G für 1 qm bei 1 mm Stärke	W für 1 m Breite = 10 Wellen bei 1 mm Stärke
1	15	40	10,7	5,1	5a	50	100	1—2	12,5	17
2	20	40	12,6	7,6	6	60	100	1—2	14,1	25,2
3	15	50	9,9	4,7	7	70	100	1—3	15,7	33
4	25	50	12,6	9,8	8	80	100	1—5	17,3	40,5
5	30	60	12,6	11,7	9	90	100	1—5	18,9	48,4
	Millim.		Kilogr.		10	100	100	2—5	20,5	56,5
					11	110	100	2—5	22,1	68
						Millim.			Kilogr.	

L. Fr. Buderus, Germania b. Neuwied.

Nr.	h	b	d	G für 1 qm bei 1 mm Stärke	W für 1 mm Stärke und die Breite b
0	45	90	1-1½	12	1,550
I	50	90	»	13	1,885
II	55	90	»	14	2,106
III	60	90	»	15	2,440
VII	60	100	1—3	14,25	2,617
VIII	65	100	»	15	2,960
IX	70	100	2—3	15,8	3,330
X	75	100	»	16,6	3,600
XI	80	100	»	17,5	4,050
XVI	80	120	2—5	14,64	4,461
XVII	90	120	»	16,55	5,385
XVIII	100	120	»	17,50	6,343
	Millim.			Kilogr.	

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr. der deutschen Blechlehre	d	Gewicht für 1 qm ohne Ueberdeckung						
		Profil O. b = 90 mm h = 45 »	Profil A. b = 90 mm h = 50 »	Profil B. b = 90 mm h = 60 »	Profil C. b = 90 mm h = 70 »	Profil D. b = 100 mm h = 80 »	Profil E. b = 100 mm h = 90 »	Profil F. b = 100 mm h = 100 »
5	4	48	52	60	68	72	76	84
9	3	36	39	45	51	54	57	63
16	2	24	26	30	34	36	38	42
19	1	12	13	15	17	18	19	21
	Millim.	Kilogr.						

A. Kammerich & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite	Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite
1	10	20	0,5	6	1,850	19	80	100	1	17	40,800
2	15	30	1	12	5,533	20	80	100	1,5	25,5	60,400
3	20	30	1	13,5	8,800	21	80	100	2	34	80,000
4	25	40	1	13,9	10,700	22	80	100	2,5	42,5	99,600
5	30	40	1	15	14,350	23	80	100	3	51	118,000
6	45	90	1	12	17,267	24	80	100	4	68	156,500
7	45	90	1,5	18	25,633	25	90	100	2	37	96,800
8	45	90	2	24	33,644	26	90	100	2,5	46	120,630
9	50	90	1	13	20,380	27	90	100	3	55,5	144,010
10	50	90	1,5	19,5	30,355	28	90	100	4	74	190,200
11	50	90	2	26	40,099	29	100	100	2	40	115,220
12	60	90	1	15	27,166	30	100	100	3	60	171,005
13	60	90	1,5	22,5	40,533	31	100	100	4	80	225,800
14	60	90	2	30	53,610	32	100	100	5	100	279,500
15	70	90	1	16	34,777	33	100	130	2	33	98,338
16	70	90	1,5	24	51,558	34	100	130	3	49,5	146,169
17	70	90	2	32	68,122	35	100	130	4	66	193,161
18	70	90	2,5	40	85,366	36	100	130	5	82,5	239,490
	Millim.			kg			Millim.			kg	

Pfeiffer & Druckenmüller zu Berlin.

Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite	Nr	h	b	d	G	W für 1 m Breite
DE 8	70	90	2	32	68,000	E 4	60	90	1	15	26,000
» 6	70	90	1,5	24	51,100	F 4	50	90	1	13	21,000
» 4	70	90	1	16	34,200	G 4	45	90	1	12	17,000
E 8	60	90	2	30	52,000	» 3	45	90	0,75	9-10	12,750
» 6	60	90	1,5	23	36,900						
1	50	100	1	12	17,000	18	80	100	3	52	120,000
2	60	100	1	14	25,200	19	90	100	3	55	144,000
3	70	100	1	16	33,000	20	120	100	2	47	152,500
4	60	100	1½	21	37,500	21	80	100	4	71	160,000
5	80	100	1	17	40,000	22	100	100	3	61	169,200
6	90	100	1	18	48,000	23	90	100	4	76	182,000
7	60	100	2	29	50,400	24	140	100	2	52	199,600
8	70	100	1½	23,5	50,500	25	80	100	5	90	200,000
9	100	100	1	20	56,400	26	100	100	4	81	225,600
10	80	100	1½	25,5	60,000	27	120	100	3	70	228,800
11	70	100	2	31	67,000	28	90	100	5	96	230,000
12	90	100	1½	28	72,000	29	100	100	5	101	282,000
13	80	100	2	35	80,000	30	140	100	3	78	299,400
14	100	100	1½	30	84,600	31	120	100	4	91	305,000
15	90	100	2	38	96,000	32	120	100	5	118	381,000
16	70	100	3	48	101,100	33	110	100	4	106	399,200
17	100	100	2	40	112,800	34	140	100	5	133	499,000
	Millim.			kg			Millim.			kg	

L. Bernhard & Co. zu Berlin.

Nr	h	b	d	G	W für 1 m Breite	Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite
1	20	30	1	13,4	7,800	17	100	120	2	33	98,208
2	30	44	1	13,9	12,191	18	101	120	3	50	146,550
3	50	90	1	12,5	19,355	19	102	120	4	67	194,254
4	50,8	90	1,5	18,7	28,959	20	103	120	5	84	241,600
5	60	90	1	14	25,956	21	120	140	3	50	176,986
6	60,5	90	1,5	21,1	39,293	22	121	140	4	65	235,393
7	61	90	2	28,4	51,833	23	122	140	5	81,7	292,985
8	70	90	1	15,6	33,314	24	123	140	6	102,5	350,085
9	71	90	2	31,6	66,111	25	150	160	3	54,2	237,569
10	72	90	3	48	98,375	26	151	160	4	72,6	315,556
11	80	100	1	16	39,070	27	152	160	5	91,2	393,075
12	81	100	2	32,4	77,410	28	153	160	6	109	470,000
13	82	100	3	49	114,910	29	200	200	3	57,4	338,440
14	90	100	2	35	92,210	30	201	200	4	77	443,215
15	91	100	3	53	137,110	31	202	200	5	96,5	554,935
16	92	100	4	71	182,400	32	203	200	6	116,9	661,045
	Millim.			kg			Millim.			kg	

Breeß & Co. zu Berlin.

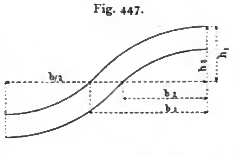
Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite	Nr.	h	b	d	G	W für 1 m Breite
1	100	130	4	66	241,00	2	80	110	1	16	40,14
»	100	130	3	49	183,00	3	70	90	2	34	60,68
»	100	130	2	33	122,00	»	70	90	1,5	25,5	45,19
1 a	100	100	3	61	169,20	»	70	90	1	17	30,30
»	100	100	2	40	112,90	4	60	90	2	30	47,71
1 b	90	100	2	37	96,30	»	60	90	1,5	22,5	35,67
»	90	100	1,5	27,5	73,00	»	60	90	1	15	23,61
2	80	110	4	63	160,56	5	50	90	1	13	17,61
»	80	110	3	47	120,43	6	45	90	1	12	14,93
»	80	110	2	32	80,32	7	30	90	1	15,5	6,02
»	80	110	1	24	60,26	8	20	90	1	14,5	2,74
	Millim.			kg			Millim.			kg	

leicht durchzuführen. Die gebräuchlichen Abmessungen der Blechtafeln gehen aus den Bemerkungen zu den Tabellen hervor.

Da, wo das Widerstandsmoment einer Blechsorte nur für $d = 1$ mm angegeben ist, erhält man die Widerstandsmomente anderer Blechstärken genau genug durch Veränderung der angegebenen Momentenzahl nach dem Verhältnisse der Blechstärke.

Die Längen der Tafeln werden in der Regel bis 4,00 m und die Breiten bis 1,00 m geliefert.

Fig. 447.



Die Tabellen zeigen, dafs die Widerstandsmomente, welche gröfser als 92 sind, lediglich in Trägerwellblechen (siehe S. 176) erreicht werden, und dafs man also in einem solchen Falle zur Verwendung dieser gezwungen ist.

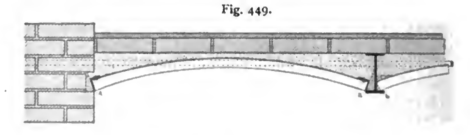
In Fällen, wo das erforderliche Widerstandsmoment kleiner als 90 ist, sind vergleichende Rechnungen zwischen beiden Arten zu empfehlen, da das flache Wellblech bei kleinerem Widerstandsmoment zugleich erheblich geringeres Gewicht hat und daher unter Umständen das leichtere Ergebnis liefern kann.

Für beliebige flach gewellte Bleche ergiebt sich das Trägheitsmoment für die wagrechte Mittelachse und eine Wellenbreite b nach der Formel (Fig. 447)

$$\mathcal{J} = \frac{3}{5}\left(b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 60.$$

für welche die Mafse b_1, b_2, h_1 und h_2 durch Auftragen einer Viertelwelle in grofsem Mafsstabe oder auch durch Berechnung leicht zu ermitteln sind.

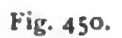
Fig. 448. Fig. 449.

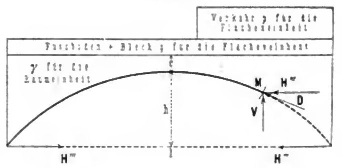


265. Fachausfüllung mit Wellblechbogen.

Werden die Balkenfache mit Wellblechbogen, bombiertem Wellbleche, ausgefüllt (siehe Fig. 448 rechts u. Fig. 449), so sind die Abmessungen, Gewichte und Widerstandsmomente der Wellbleche den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen.

Mit Bezug auf Fig. 450 bezeichne: b die Bogenweite (Trägerteilung), h den Pfeil der Bogenmittellinie, c die etwaige Ueberfüllungshöhe im Scheitel, g das Gewicht des Bleches und des Fufsbodens für die Flächeneinheit, γ das Gewicht der Ueberfüllung für die Raumeinheit, p die Nutzlast für die Flächeneinheit, $q = p + g$ die Gesamtlast für die Flächeneinheit ausschliefslich der Ueberfüllung, M das ungünstigste Biegungsmoment bei einseitiger Belastung, H' den wagrechten Bogenschub bei voller Belastung, H'' den gröfstmöglichen Gegenschub des unbelasteten Bogens, H''' den von


Fig. 450.



der im Sinne der Vergröfserung von M ungünftigften einfeitigen Belaftung erzeugten Bogenfchub, V die lotrechte Scherkraft im Querfchnitte des gröfsten Biegungsmoments bei ungünftigfter einfeitiger Belaftung, D den rechtwinkelig zum unterfuchten Querfchnitte ftehenden Längsdruck und s die zuläffige gröfste Beanfpruchung auf 1 qcm des Blechquerfchnittes. Alsdann ift

$$H' = \frac{b^2}{8h}\left[q + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right)\right]; \quad \ldots \quad 61.$$

$$M = b^2\,(0{,}00078\,\gamma\,h + 0{,}0162\,p); \quad \ldots \quad 62.$$

$$H''' = \frac{b^2}{8h}\left[g + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + 0{,}4\,p\right]; \quad \ldots \quad 63.$$

$$V = b\left[\frac{g}{4} + \gamma\left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48}\right) + 0{,}108\,p\right]; \quad \ldots \quad 64.$$

$$D = \sqrt{H'''^2 + V^2}; \quad \ldots \quad 65.$$

$$H'' = \frac{s}{\frac{h\,e}{\mathfrak{J}} + \frac{1}{F}} + \frac{b^2\left[g + \gamma\left(c + \frac{h}{6}\right)\right]}{8\left(h + \frac{\mathfrak{J}}{e\,F}\right)} \quad \ldots \quad 66.$$

Die Laft der voll belafteten Kappe für die Längeneinheit der Unterftützung ift

$$Q' = b\left[q + \gamma\left(c + \frac{h}{3}\right)\right]. \quad \ldots \quad 67.$$

In diefen Gleichungen bedeutet F den Querfchnitt des Bleches und $\frac{\mathfrak{J}}{e} = W$ das Widerftandsmoment des Querfchnittes, welches aus den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen oder aus Gleichung 60 (S. 238) durch Divifion von $\mathfrak{J}$ mit der halben Blechhöhe zu berechnen ift.

Die gröfste im Bleche vorkommende Beanfpruchung ift

$$\sigma_1 = \frac{M\,e}{\mathfrak{J}} + \frac{D}{F}\ \text{(Druck)}. \quad \ldots \quad 68.$$

$$\sigma_2 = \frac{M\,e}{\mathfrak{J}} - \frac{D}{F}\ \text{(Zug)}. \quad \ldots \quad 69.$$

Wird der Wellblechbogen, wie zu empfehlen, mit magerem Beton der Dicke c im Scheitel überftampft, fo kann man als Gegenfchub des unbelafteten Bogens den Wert H'' nach Gleichung 66 berechnen; jedoch darf felbftverftändlich auch hier der Gegenfchub des unbelafteten Bogens höchftens gleich dem Schube H' (Gleichung 61) des belafteten Bogens werden.

Beifpiel. Ein ($b =$) $3{,}00^{m}$ weiter Bogen von ($h =$) $0{,}25^{m}$ Pfeil ift mit magerem Beton aus Backftein $\gamma = 1600^{kg}$ für 1^{cbm} im Scheitel ($c =$) $0{,}12^{m}$ hoch überfchüttet und trägt $0{,}025^{m}$ Zementeftrich von 2500^{kg} für 1^{cbm} Gewicht. Bei $27{,}5^{kg}$ für 1^{qm} Gewicht des Bleches ift dann $g = 27{,}5 + 0{,}025 \,.\, 2500 = 90^{kg}$ für 1^{qm}. Die Nutzlaft beträgt $p = 700^{kg}$ für 1^{qm}; alfo ift $q = 700 + 90 + 790^{kg}$ für 1^{qm}. Nach Gleichung 61 ift

$$H' = \frac{3^2}{8 \,.\, 0{,}25}\left[790 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right)\right] = 4780^{kg} \text{ für } 1^{m} \text{ Länge};$$

nach Gleichung 62

$$M = 3^2\,(0{,}00078 \,.\, 1600 \,.\, 0{,}25 + 0{,}0162 \,.\, 700) = 104{,}96^{mkg};$$

nach Gleichung 63

$$H''' = \frac{3^2}{8 \,.\, 0{,}25}\left[90 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 0{,}4 \,.\, 700\right] = 2890^{kg};$$

nach Gleichung 64

$$V = 3\left[\frac{90}{4} + 1600\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}25}{48}\right) + 0{,}108 \cdot 700\right] = 463^{kg};$$

nach Gleichung 65

$$D = \sqrt{2890^2 + 463^2} = 2925^{kg}.$$

Für das Trägerwellblech von *Hein, Lehmann & Co.*, Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 237, ist bei 1^{mm} Stärke für 1^{m} Länge $\frac{\mathcal{J}}{e} = \frac{25{,}2}{100 \cdot 100 \cdot 100} = 0{,}0000252$ (auf Met. bezogen), und der Querschnitt folgt bei 7800^{kg} für 1^{cbm} Eisengewicht aus dem Blechgewichte von $14{,}1^{kg}$ für 1^{qm} mit $F = \frac{14{,}1}{7800} = 0{,}0018^{qm}$. Nach Gleichung 68 ist also der gröfste Druck

$$s_1 = \frac{104{,}96}{0{,}0000252} + \frac{2925}{0{,}0018} = 5797000^{kg} \text{ für } 1^{qm} = \text{rund } 580^{kg} \text{ für } 1^{qcm}$$

und nach Gleichung 69 der gröfste Zug

$$s_2 = \frac{104{,}96}{0{,}0000252} - \frac{2925}{0{,}0018} = 2543000^{kg} \text{ für } 1^{qm} = \text{rund } 254^{kg} \text{ für } 1^{qcm};$$

das gewählte Blech ist also reichlich stark, da man mit der Spannung für diesen Fall ohne Bedenken bis 1000^{kg} für 1^{qcm} gehen könnte.

Der gröfste zulässige Gegenschub einer unbelasteten Kappe ist nach Gleichung 66 bei $s = 1000^{kg}$ für $1^{qcm} = 10000000^{kg}$ für 1^{qm}

$$H'' = \frac{10000000}{\frac{0{,}25}{0{,}0000252} + \frac{1}{0{,}0018}} + \frac{3^2\left[90 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{6}\right)\right]}{8\left(0{,}25 + \frac{0{,}0000252}{0{,}0018}\right)} = 955 + 1490 = 2445^{kg},$$

und die gröfste lotrechte Belastung von 1^{m} der unterstützenden Träger nach Gleichung 67

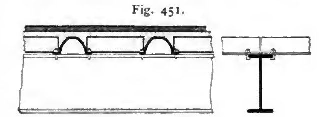
$$Q' = 3\left[790 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{3}\right)\right] = 3345^{kg}.$$

η) Fachausfüllungen mit Belageisen.

266. Fachausfüllung mit Belageisen

Die statischen Verhältnisse der Fachausfüllungen mit Belageisen (Fig. 451) sind schon in Art. 203 (S. 182) erörtert. Die Belageisen werden danach für die Balkenteilung als Stützweite als Träger auf zwei Stützen berechnet, wofür die Widerstandsmomente dem Deutschen Normalprofilbuche zu entnehmen sind.

Fig. 451.



3) Querschnittsermittelung für Balken und Träger.

267. Hölzerne Balken.

Holzbalken haben ausschliefslich rechteckigen Querschnitt, und zwar — mit Rücksicht auf vorteilhafteste Gewinnung eines Balkens aus dem runden Stamme — oft des Seitenverhältnisses 5 : 7 [332]).

Die Berechnung [333]) erfolgt etwas zu sicher für die gröfste Stützweite jedes Balkens bei 80^{kg} für 1^{qcm} zulässiger Beanspruchung als Träger auf zwei Stützen. Alle hierher gehörenden Berechnungen können durch Benutzung der Auftragung in Fig. 452 vorgenommen werden [334]). Dort bezeichnet b die Breite, l die gröfste Stützweite, h die Höhe eines Balkens (in Centim.) und q die Gesamtbelastung für 1 lauf. Centim.

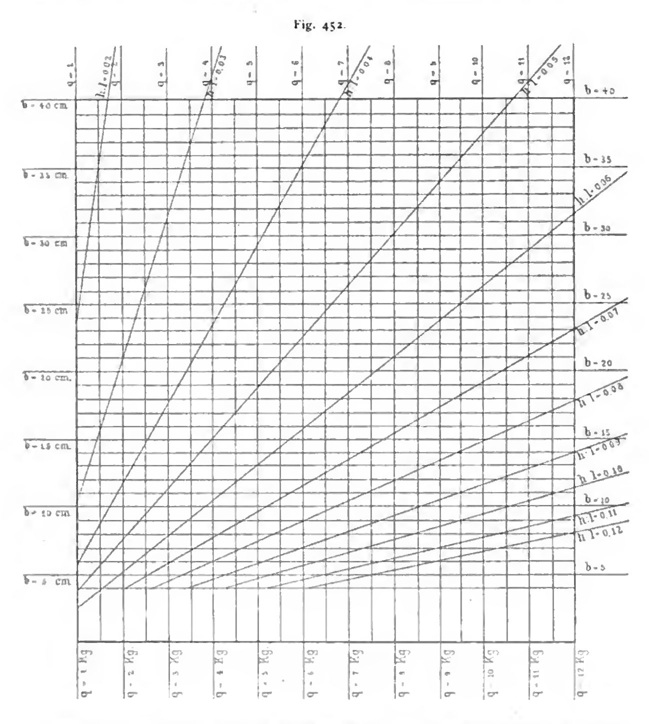
332) Siehe Teil III, Bd. 1 (Art. 156, S. 110; 2. Aufl.: Art. 15, S. 114) dieses »Handbuches«.

333) Angaben über die Eigengewichte hölzerner Balken finden sich in einer Tabelle in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 318; 2. Aufl.: S. 17) dieses »Handbuches«. — Siehe auch: HARTWIG, C. Hülfstabellen für Holzbau, Berlin 1893.

334) Vergl. auch: GARTEN. Diagramm zur Bestimmung der Querschnitte hölzerner Balken. Deutsche Bauz. 1887, S. 342.

Beifpiel 1. Ein Balken ift für $5{,}50^{m}$ Stützweite bei $1{,}05^{m}$ Fachteilung zu berechnen; die Eigenlaft der Decke (halber Windelboden) beträgt 300^{kg} und die Nutzlaft 250^{kg} für 1^{qm}. Die Laft für 1^{cm} ift demnach $q = \frac{1{,}05\,(300 + 250)}{100} = 5{,}8^{kg}$. Wird die Breite verfuchsweife mit 22^{cm} angenommen, fo führen die Koordinaten $q = 5{,}8$ und $b = 22$ zur fchrägen Linie $h : l = 0{,}05$, und fomit mufs $h = 0{,}05 \,.\, 550 = 27{,}5^{cm}$ fein, ein geeignetes Verhältnis. Hätte fich eine ungeeignet erfcheinende Höhe ergeben, fo hätte man durch Aenderung der Ordinate b ein befferes Verhältnis finden können.

Fig. 452.



Beifpiel 2. Eine Decke, welche im ganzen 400^{kg} auf 1^{qm} zu tragen hat, foll bei $4{,}50^{m}$ Stützweite aus Balken von $b = 20$ und $h = 25^{cm}$ hergeftellt werden. Wie darf die Balkenteilung gewählt werden? Es ift $h : l = \frac{25}{450} = 0{,}056$. Man fuche den Schnitt der Linie $0{,}056 = h : l$ mit der Wagrechten durch $b = 20^{cm}$; alsdann fchneidet diefer die Abfciffe $q = 6{,}5^{kg}$ ab, und die zuläffige Balkenteilung d folgt dann aus $\frac{d \,.\, 400}{100} = 6{,}5$ mit $d = 1{,}625^{m}$.

Beifpiel 3. Wie weit kann fich ein Balken von $b = 15$ und $h = 25^{cm}$ bei $1,_{10}{}^{m}$ Fachteilung unter 500^{kg} Belaftung für 1^{qm} frei tragen? Es ift $q = \frac{1,1 \cdot 500}{100} = 5,_5{}^{kg}$; die Koordinaten $q = 5,_5$ und $b = 15$ geben die Linie $h : l = 0,_{058}$; alfo kann $l = \frac{25}{0,_{058}} = 430^{cm}$ fein.

Eine bequeme Formel zur Berechnung von Holzbalken ift die folgende. Es bezeichnet q die Gefamtlaft für 1^{qm} Deckenfläche (in Kilogr.), b die Breite und h die Höhe eines Balkens (in Centim.), d die Teilung der Balken von Mitte zu Mitte (in Centim.) und l die Stützweite des Balkens. Alsdann findet ftatt

$$h = 0,_{000968}\, l \sqrt{q \frac{d}{b}}, \qquad\qquad 70.$$

worin für gewöhnliche Verhältniffe $\frac{d}{b}$ zwifchen 5 und 6 liegen wird.

Beifpiel. Soll eine Decke aus 5^m weit freitragenden Balken auf 1^{qm} 500^{kg} tragen, und wird zunächft $\frac{d}{b} = 5$ angenommen, fo ift

$$h = 0,_{000968} \cdot 500 \sqrt{500 \cdot 5} = 24,_2{}^{cm}$$

zu machen. Dabei kann dann nach Belieben, entfprechend $\frac{d}{b} = 5$, $d = 100^{cm}$ und $b = 20^{cm}$ oder $d = 90^{cm}$ und $b = 18^{cm}$ oder $d = 80^{cm}$ und $b = 16^{cm}$ gewählt werden.

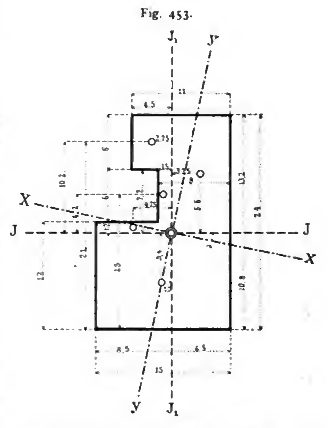


Fig. 453.

268. Berechnung unfymmetrifcher Balken-querfchnitte.

Hiernach bleibt nur noch anzugeben, wie die Spannungen in einem durch den Bruftzapfen eines Wechfels oder auf eine andere Weife gefchwächten Balkenquerfchnitte zu ermitteln find. Dies foll fofort gleich an einem Beifpiele vorgeführt werden, welches die Auflagerung des mit *5* bezeichneten ausgewechfelten Balkens der Gruppe *A* in Fig. 41 (S. 35) auf den Wechfel an der Wand zum Gegenftande hat.

Die Decke hat 400^{kg} zu tragen und $0,_{75}{}^{m}$ Balkenteilung; alfo ift $q = 3^{kg}$ und bei $b = 15^{cm}$, $l = 5,_{45}{}^{m}$ ergiebt die Auftragung in Fig. 452: $h : l = 0,_{043}$, alfo $h = 0,_{043} \cdot 545 = 23,_5 =$ rund 24^{cm}. Der Wechfel foll aus einem Abfchnitte desfelben Holzes hergeftellt werden. Die Laft, welche er vom Balken in feiner Mitte erhält, ift $545 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} =$ rund 820^{kg}; feine Stützweite von Balkenmitte bis Balkenmitte beträgt $2 \cdot 75 = 150^{cm}$, folglich das Angriffsmoment $M = \frac{820}{2} \cdot \frac{150}{2} = 30\,750^{qmkg}$.

Der Bruftzapfen im Wechfel wird nach Fig. 453 ausgeführt. Vom bleibenden Querfchnitte ift zuerft der Schwerpunkt zu fuchen. Diefer fteht ab

von der Unterkante: $\frac{11 \cdot 6 \cdot 21 + 8 \cdot 6 \cdot 15 + 12 \cdot 15 \cdot 6}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 10,_8{}^{cm}$;

von der rechten Kante: $\frac{11 \cdot 6 \cdot 5,_5 + 8 \cdot 6 \cdot 4 + 12 \cdot 15 \cdot 7,_5}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 6,_5{}^{cm}$.

Demnach ift das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerpunktsachfe

$$\mathfrak{J} = 11\,\frac{13,_2{}^3 - 7,_2{}^3}{3} + 8\,\frac{7,_2{}^3 - 1,_2{}^3}{3} + 15\,\frac{1,_2{}^3 + 10,_8{}^3}{3} = 14360;$$

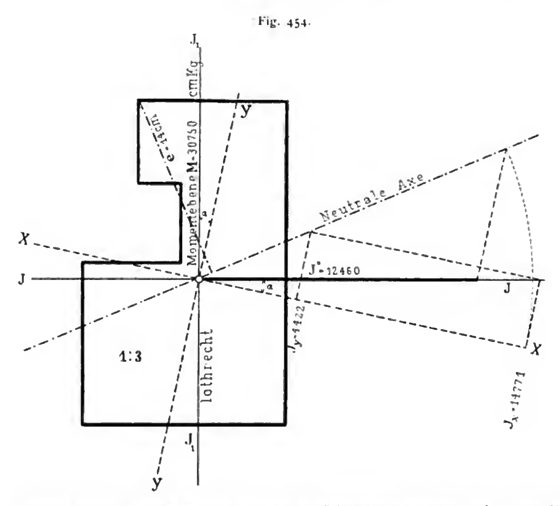
für die lotrechte Schwerpunktsachse

$$\mathcal{J}_1 = 12 \frac{6{,}5^3 + 8{,}5^3}{3} + 6 \frac{1{,}5^3 + 6{,}5^3 + 4{,}5^3 + 6{,}5^3}{3} = 4842 .$$

Das Zentrifugalmoment H [335]) ift

$$H = 13{,}2 \cdot 6{,}5 \cdot 3{,}25 \cdot 6{,}6 - 6 \cdot 4{,}5 \cdot 2{,}25 \cdot 10{,}2 - 6 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}2 \frac{1{,}5}{2} - 1{,}2 \cdot 8{,}5 \cdot 4{,}25 \frac{1{,}2}{2}$$
$$+ 15 \cdot 10{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 5{,}4 = + 2044 .$$

Fig. 454.



Demnach folgt der Winkel α, welchen die erfte Trägheitshauptachfe X mit der Achfe $\mathcal{J}$ bildet [336]), aus

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot 2044}{4842 - 14360} = \frac{2H}{\mathcal{J}_1 - \mathcal{J}} .$$

Daraus ergiebt fich $\alpha = -11^\circ 37' 21''$; ferner

$$\sin 2\alpha = -0{,}3946 , \quad \sin^2 \alpha = 0{,}0406 , \quad \cos^2 \alpha = 0{,}9594 ,$$

und fchliefslich [337])

$$\mathcal{J}_x = \mathcal{J} \cos^2 \alpha + \mathcal{J}_1 \sin^2 \alpha - H \sin 2\alpha = 14360 \cdot 0{,}9594 + 4842 \cdot 0{,}0406 + 2044 \cdot 0{,}3946 = 14771 ,$$
$$\mathcal{J}_y = \mathcal{J} \sin^2 \alpha + \mathcal{J}_1 \cos^2 \alpha + H \sin 2\alpha = 14360 \cdot 0{,}0406 + 4842 \cdot 0{,}9594 + 2044 \cdot 0{,}3946 = 4383 .$$

In Fig. 454 ift auf Grund diefer Werte die Berechnung der gröfsten Spannung der gefährdetften Ecke am Bruftzapfen durchgeführt.

Die Spannungsnulllinie ergiebt fich, wenn man (Fig. 454) die Ebene $\mathcal{J}$ (hier wagrecht) mit dem Winkel α gegen die X-Achfe feftlegt, um den die Momentebene (hier lotrecht) von der Y-Achfe abfteht, dann vom Schwerpunkte aus $\mathcal{J}_x = 14771$ und $\mathcal{J}_y = 4422$ in irgend einem Mafsftabe auf der X-Achfe abfetzt und in beiden Punkten die Winkelrechte zur X-Achfe zieht. Trägt man dann den Abfchnitt auf der Winkelrechten in $\mathcal{J}_x$ im Winkel α auf der Winkelrechten in $\mathcal{J}_y$ auf und verbindet diefen Punkt mit dem Schwerpunkte, fo erhält man die Nulllinie.

335) Vergl. Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 269; 2. Aufl.: S. 41; 3. Aufl.: S. 43) diefes »Handbuches«.
336) Nach Gleichung 46, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 24, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 24, S. 40) ebendaf.
337) Nach Gleichung 45, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 22, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 22, S. 40) ebendaf.

Man beſtimme nun den Abſtand e des am entfernteſten von der Nulllinie liegenden Punktes (Fig. 454), hier $e = 14^{cm}$, übertrage $\mathfrak{J}_x$ auf die Nulllinie und ziehe von da die Rechtwinkelige zur X-Achſe; dieſe ſchneidet auf der den Winkel α mit der X-Achſe einſchlieſsenden Geraden $\mathfrak{J}$ dann einen Wert $\mathfrak{J}''$ (hier $\mathfrak{J}'' = 12460$) ab, welcher mit e und M die ungünſtigſte Spannung nach der Gleichung

$$s = \frac{Me}{\mathfrak{J}} = \frac{30750 \cdot 14}{12460} = 34{,}3^{kg} \qquad 71.$$

ergiebt. Der Wechſel iſt alſo trotz der Schwächung reichlich ſtark. Hierbei iſt das Verdrehungsmoment, welches ſich aus der Lagerung des Balkenendes auſserhalb des Schwerpunktes ergiebt, vernachläſſigt.

Nach dieſem Verfahren laſſen ſich alle geſchwächten Balken behandeln, mag die übrig bleibende Querſchnittsform ſein, welche ſie will. Auch wenn der Balken bei der Auswölbung nach Fig. 455 und Belaſtung nur einer der anſchlieſsenden Kappen neben den Laſten durch wagrechte Kräfte beanſprucht wird, iſt dasſelbe Verfahren am Platze; derartige Fälle werden bei der Auswölbung eiſerner Träger ausführlich behandelt werden.

Fig. 455.

269. Zeichneriſches Verfahren.

Da derartige Unterſuchungen der Balken auf Laſten, deren Richtung mit keiner der Querſchnittshauptachſen zuſammenfällt, oft vorkommen, ſo ſoll hier noch ein zweites, weſentlich auf Zeichnung beruhendes Verfahren mitgeteilt, und zwar wieder an dem in Fig. 453 dargeſtellten Beiſpiele durchgeführt werden [338]).

Nachdem für ein beliebiges rechtwinkeliges Achſenkreuz die beiden Trägheitsmomente und das Zentrifugalmoment berechnet ſind, hier $\mathfrak{J} = 14360$, $\mathfrak{J}_1 = 4842$ und $H = +2044$ (alle drei Gröſsen auf Centim. bezogen), ſetze man $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{J}_1$ hintereinander in dieſer Reihenfolge in beliebigem Maſsſtabe, hier $1^{mm} = 333$, vom Schwerpunkte S aus auf der Achſe auf, deren Richtung für die Meſſung der Höhen bei Berechnung von $\mathfrak{J}$ maſsgebend war, hier die lotrechte (Fig. 456). In dem Punkte A, wo $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{J}_1$ zuſammenſtoſsen, errichte man die Rechtwinkelige und ſetze auf dieſe bis CH auf, und zwar im Sinne des Vorzeichens von H nach der Seite, welche bei Feſtſetzung der Querſchnittshebel das Vorzeichen erhalten hat, mit dem H erſcheint, hier rechts. Zieht man über der Länge $\mathfrak{J} + \mathfrak{J}_1$ als Durchmeſſer einen Kreis und verbindet C mit ſeinem Mittelpunkte N durch den Durchmeſſer BD, ſo ſind SB und SD die Hauptachſen Y und X; das Hauptträgheitsmoment $\mathfrak{J}_x$ wird durch die Länge DC, hier 14817 (auf Centim. bezogen), das zweite Hauptträgheitsmoment $\mathfrak{J}_y$ durch die Länge CB, hier 4383 (auf Centim. bezogen) gemeſſen [339]).

Man trage nun die Richtung der Kräfte ein, die $M = 30750^{cmkg}$ erzeugen, hier die lotrechte, und nenne die Koordinaten desjenigen Quadranten der Hauptachſen poſitiv: $+x$, $+y$, in den der Kraftpfeil von S aus hineinweiſt.

Soll nun die in einem beſtimmten Punkte, etwa einer der Ecken *1, 2, 3, 4* (Fig. 456) auftretende Spannung ermittelt werden, ſo berechne man für dieſen die Gröſsen

$$a = \frac{y}{\mathfrak{J}_x} \quad \text{und} \quad b = \frac{x}{\mathfrak{J}_y} \qquad 72.$$

unter Berückſichtigung der Vorzeichen, alſo nach Fig. 456 für

Punkt *1*:

$x_1 = +8{,}7^{cm}$, $y_1 = +9{,}3$, $a_1 = \frac{+9{,}3}{14817} = +0{,}000627$, (auf Centim. bezogen) $b_1 = \frac{+8{,}7}{4383} = +0{,}00198$ (auf Centim. bezogen)

Punkt *2*:

$x_2 = +3{,}5^{cm}$, $y_2 = -14{,}3^{cm}$, $a_2 = \frac{-14{,}3}{14817} = -0{,}000963$, (auf Centim. bezogen) $b_2 = \frac{+3{,}5}{4383} = +0{,}000798$ (auf Centim. bezogen)

Punkt *3*:

$x_3 = -7{,}1^{cm}$, $y_3 = -11{,}9^{cm}$, $a_3 = \frac{-11{,}9}{14817} = -0{,}000803$, (auf Centim. bezogen) $b_3 = \frac{-7{,}1}{4383} = -0{,}001618$ (auf Centim. bezogen)

[338]) Siehe: Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447

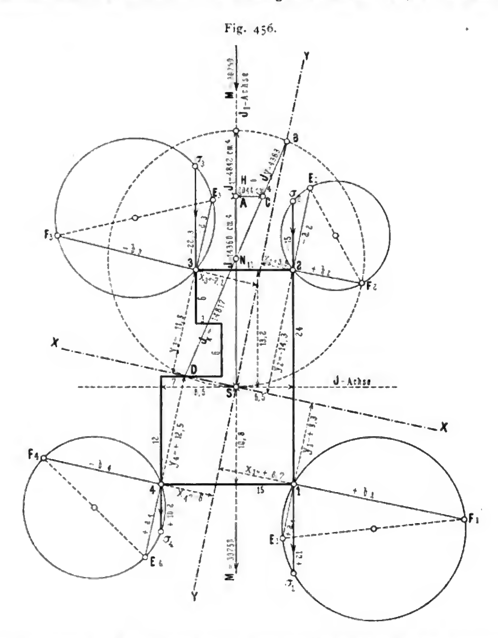
[339]) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 11. — Zeitſchr. f. Bauw. 1892, S. 549

Punkt *4*:

$x_4 = -6^{cm}$, $y_4 = +12{,}5^{cm}$, $a_4 \frac{+12{,}5}{14817} = +0{,}000843$, (auf Centim. bezogen) $b_4 = \frac{-6}{4383} = -0{,}001365$ (auf Centim. bezogen)

Diefe Gröfsen *a* und *b* trage man unter Berückfichtigung des Vorzeichens *a* im Sinne von *y*, *b* im Sinne von *x* in dem zu unterfuchenden Punkte rechtwinkelig zu einander auf und lege durch die beiden fo erhaltenen Punkte *E*, *F* und den zu unterfuchenden einen Kreis. Nun ziehe man in diefen Kreis vom zu unterfuchenden Punkte aus eine Sehne in der Richtung der wirkenden Kraft, alfo der Momentenebene,

Fig. 456.



hier lotrecht, und greife die Länge σ diefer Sehne in demjenigen Mafsftabe ab, in dem die Gröfsen *a* und *b* aufgetragen find, in Fig. 456: 0,00005 (auf Centim. bezogen) = 1 mm und ftelle das Produkt $M\sigma$ her; diefes ift die gefuchte Spannung *s*.

$$s = M\sigma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 73.$$

Diefe Spannung *s* ift Zugfpannung, wenn die zugehörige Sehne σ mit dem Pfeilfinne von *M* vom unterfuchten Punkte weg, Druckfpannung, wenn fie nach ihm hinweift.

In Fig. 456 ift dies alles für die vier äufserften Querfchnittsecken durchgeführt; es ift für:

Punkt *1*: $\sigma_1 = 21^{mm}$, $s_1 = 21 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = +32{,}3^{kg}$ für 1^{qcm};

Punkt *2*: $\sigma_2 = -15^{mm}$, $s_2 = -15 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = -23^{kg}$ für 1^{qcm};

Punkt *3*: $\sigma_3 = -22{,}3^{mm}$, $s_3 = -22{,}3 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = -34{,}3^{kg}$ für 1^{qcm};

Punkt *4*: $\sigma_4 = +10{,}2^{mm}$, $s_4 = +10{,}2 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = +15{,}7^{kg}$ für 1^{qcm}.

Punkt $\mathfrak{z}$ ift alfo der gefährlichfte; die Spannung ergiebt fich ebenfo, wie nach der vorftehenden Berechnung.

Noch verdient bemerkt zu werden, dafs die Gröfsen a und b, alfo die Spannungskreife, in den zu unterfuchenden Ecken ganz unabhängig von der Gröfse und Richtung des Moments M find. Aendert M feine Gröfse, fo wird nur die mit σ zu multiplizierende Zahl anders; ändert M feine Richtung, fo braucht man

Fig. 457.

Fig. 458.

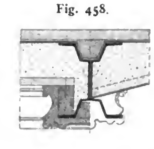
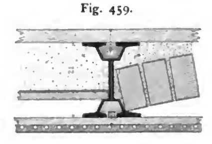


Fig. 459.



nur die Sehnen σ in diefer neuen Richtung zu ziehen und zu meffen; dann ergeben fich die neuen Spannungen s immer wieder nach $M\sigma$. Man kann alfo nach diefem Verfahren die Wirkung von Momenten wechfelnder Richtung fehr leicht verfolgen, wenn die Kreife einmal gezeichnet find. Die Momentenrichtung, welche in einem Punkte die Spannung Null erzeugt, ift die Richtung der Berührenden an den Spannungskreis im unterfuchten Punkte.

270. Eiferne Träger.

Eiferne Träger werden in den Hochbau immer mehr als Erfatz für die Holzbalken eingeführt; ihre Verwendung bildet bei gröfseren Bauten heute fchon die Regel.

Eine für gewöhnliche Fälle häufig verwendete Trägerform ift die alte Eifenbahnfchiene, welche fich durch niedrigen Preis empfiehlt. Das Widerftandsmoment $\frac{\mathfrak{J}}{e}$ abgenutzter neuerer Schienenquerfchnitte von der Höhe h (in Centim.) kann

$$\frac{\mathfrak{J}}{e} = 0{,}06\, h^3 \qquad \ldots \ldots \ldots \qquad 74.$$

gefetzt werden. Der Vorteil der Billigkeit wird jedoch zum Teile dadurch aufgehoben, dafs man das oft fehr befchädigte Eifen nicht fo hoch beanfpruchen darf wie neue Träger, und zwar höchftens mit 700 kg für 1 qcm.

Für gute Ausführungen ift wegen der Unficherheit des Gefüges in alten Schienen die Verwendung neuer Träger zu empfehlen. Faft ausfchliefslich kommen hier I-Träger, fonft von gewalzten Trägern Z- und C-Querfchnitte[340]), dann zufammengefetzte Blech- und Gitterträger[341]) und fchliefslich befondere Trägerformen für beftimmte Zwecke zur Verwendung, namentlich zur Erzielung gröfserer Seitenfteifigkeit, wie derjenige von *Gocht* (Fig. 457), derjenige von *Klette* (Fig. 458 u. 459) und derjenige mit *Lindfay*-Eifen unten oder oben und unten verftärkte I-Träger (Fig. 460).

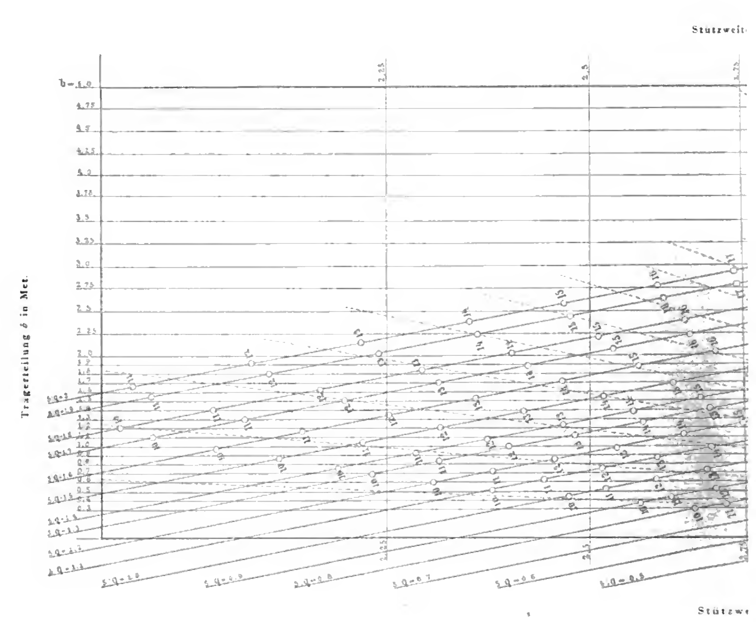
Fig. 460.

271. Berechnung lotrecht belafteter Träger.

Sind die Träger nur lotrecht belaftet, fo find die gröfsten Biegungsmomente für die nach dem früher Gefagten meift verwendeten Träger auf zwei Stützen leicht zu ermitteln.

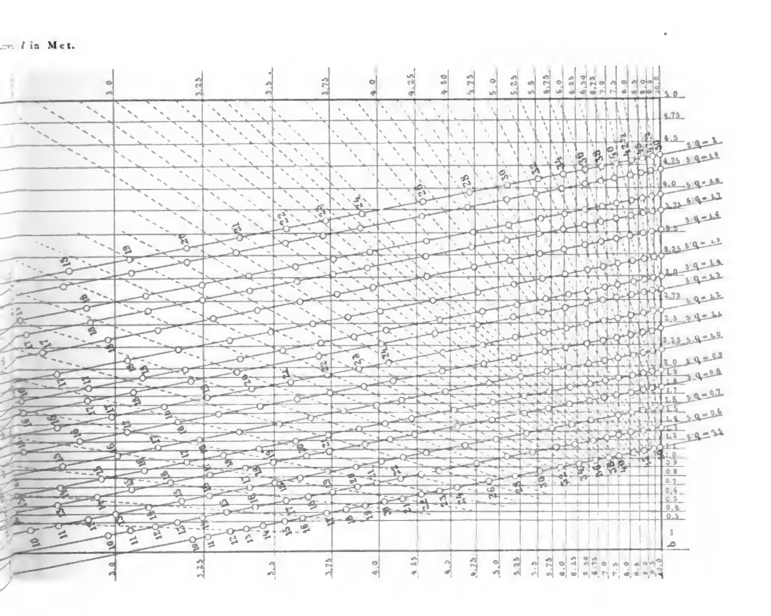
340) Siehe die betreffenden Tabellen in Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (S. 197 u. 198) diefes »Handbuches«.

341) Siehe Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abfchn. 3, Kap. 7) diefes »Handbuches«.



Zeichnerische Darſtel
für die Unterſuchung ihrer Tra

… l in Met.



… l in Met.

…ıg der Normal- I -Eiſen
…higkeit unter lotrechter Belaſtung.

Die deutſchen Normalprofile für I-Eiſen können mit Hilfe der nebenſtehenden Tafel berechnet werden. In dieſer bedeutet b die Teilung der Deckenträger (in Met.), l die Stützweite (in Met.), g die geſamte Deckenbelaſtung für 1 qm (in Kilogr.) und s die zuläſſige Spannung des Trägerquerſchnittes (in Kilogr. auf 1 qcm). Die Koordinaten l und b führen durch ihren Schnittpunkt zu oder in die Nähe einer der geſtrichelten ſchrägen Leitlinien, die man bis zum Schnitte mit derjenigen ausgezogenen, von rechts nach links fallenden, ſchrägen Querlinie verfolge, welche zu dem dem vorliegenden Falle entſprechenden Verhältniſſe $s : q$ gehört. Die Nummer der kleinen Null, welche auf der ausgezogenen Querlinie $s : q$ zunächſt rechts von der geſtrichelten Leitlinie liegt, iſt diejenige des zu verwendenden I-Normalprofiles [342]).

Beiſpiel 1. Der dem Beiſpiele in Art. 265 (S. 239) für Wellblechbogen entſprechende Träger ſoll, vorläufig ohne Rückſicht auf die ſeitlichen Beanſpruchungen, ermittelt werden, und zwar für $5{,}30$ m Stützweite. Die Laſt für 1 m war nach Gleichung 67 (S. 239): $Q' = 3345$ kg, alſo die geſamte Durchſchnittslaſt $q = \frac{3345}{3} = 1115$ kg; iſt die zuläſſige Spannung $s = 1100$ kg für 1 qcm, ſo wird $s : q = 1100 : 1115 = 0{,}987$.

Verfolgt man in der nebenſtehenden Tafel die dem Koordinatenſchnitte $l = 5{,}3$ und $b = 3$ nächſtliegende geſtrichelte Leitlinie bis zu der $s : q = 0{,}987$ entſprechenden, einzuſchaltenden Querlinie, ſo liegt auf letzterer zunächſt rechts von der Leitlinie der dem Querſchnitte Nr. 36 entſprechende kleine Kreis; der Querſchnitt dieſer Nummer iſt zu verwenden. Dieſer Träger bedarf jedoch noch der Prüfung auf Widerſtandsfähigkeit gegen ſeitliche Beanſpruchung, welche für einen ähnlichen Fall weiter unten durchgeführt wird.

Beiſpiel 2. Das Eigengewicht einer 6 m freitragenden, mit Beton ausgewölbten Decke beträgt 400 kg und die Nutzlaſt 400 kg für 1 qm; demnach iſt $q = 800$ kg. Wie weit dürfen Träger des Profils Nr. 28 auseinander gelegt werden, wenn die Beanſpruchung für 1 qm 1000 kg betragen ſoll?

Es iſt $s : q = 1000 : 800 = 1{,}25$. Die geſtrichelte Leitlinie, welche zunächſt links von Nr. 28 auf der Querlinie $s : q = 1{,}25$ feſtgelegt wird, ſchneidet die Abſciſſe $l = 6{,}00$ m bei der Ordinate $b = 1{,}45$ m; ſo weit dürfen die Träger alſo voneinander entfernt liegen.

Beiſpiel 3. Wie weit können ſich $1{,}60$ m voneinander liegende Träger Nr. 26 bei 1050 kg Spannung für 1 qcm unter 900 kg Nutzlaſt für 1 qm frei tragen?

Es iſt $s : q = 1050 : 900 = 1{,}16$. Die $s : q = 1{,}16$ und Nr. 26 entſprechende geſtrichelte Leitlinie ſchneidet auf der Ordinate $b = 1{,}60$ die Abſciſſe $l = 6{,}50$ m ab, welche die zuläſſige Stützweite angiebt.

Bei dieſen Berechnungen mittels der nebenſtehenden Tafel kann die Eiſenbahnſchiene von 13 cm Höhe bezüglich des Widerſtandsmoments dem Normalprofil Nr. 17 gleichgeſetzt werden. Ihre Beanſpruchung ſoll jedoch nur 700 kg für 1 qcm betragen, während man diejenige neuer Träger unter ſtark bewegten Laſten bis 1000 kg, unter mäſsig bewegten bis 1200 kg, unter ganz ruhenden, ſtetigen Laſten bis 1500 kg für 1 qcm ſteigern kann. Nur bei groſsen Profilen, etwa von Nr. 40 an, empfiehlt ſich eine um 15 Vomhundert ermäſsigte Annahme der Spannungen.

Ueber die Berechnung der Blech- und der Gitterträger iſt in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abſchn. 1, Kap. 7) das Erforderliche zu finden.

272. Berechnung von Trägern mit Seitenſchüben.

Wenn die Träger auch wagrechten Kräften ausgeſetzt ſind [343]), ſo entſtehen vorwiegend aus den Schüben von Auswölbungen und Wellblechbogen, ſowie aus den Zügen von Tonnenblechen, welche ſich bei Belaſtung nur eines anſchlieſsenden Faches nicht vollkommen ausgleichen, ſondern einen nach der Seite des unbelaſteten Faches gerichteten Schub oder einen nach der Seite des belaſteten Faches gerichteten Zug von der Gröſse $H' - H''$ (vergl. die Gleichungen 35 u. 36 [S. 221], 39 u. 40 [S. 222], 54 u. 56 [S. 231], 57 [S. 232], 58 u. 59 [S. 234], ſowie 61 u. 66

[342]) Siehe die betreffende Tabelle in Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (S. 198) dieſes »Handbuches«.

[343]) Vergl. hierüber auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 393. — Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447

[S. 239]) ergeben, ſchräge Belaſtungen der Träger, welche dieſe ganz beſonders ungünſtig beanſpruchen. Auch für die Unterſuchung eiſerner Balken unter derart ſchräger Laſt iſt das in Art. 269 (S. 244) an dem Beiſpiele zu Fig. 456 durchgeführte Verfahren mit Spannungskreiſen mit Vorteil zu verwenden.

Beiſpiel. Als Beiſpiel ſollen hier die Träger einer Decke nach Fig. 461 u. 462 durchgerechnet werden. Für die Fachausfüllung kommt Gleichung 37 (S. 222) zur Anwendung. Die Länge der Träger

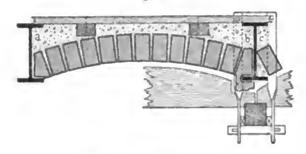


Fig. 461.

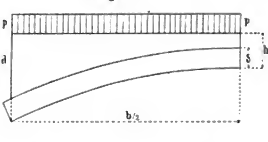


Fig. 462.

($l =$) ſei $5{,}50^{m}$, die Teilung ($b =$) $1{,}70^{m}$, $\delta = 0{,}12^{m}$, $h = 0{,}20^{m}$, γ für Backſteine 1700^{kg}, $p = 750^{kg}$ und mit Rückſicht auf Stöſse für Backſtein $s = 50\,000^{kg}$ für 1^{qm}. Demnach iſt nach Gleichung 37

$$d = \frac{8 \cdot 50000 \cdot 0{,}12\,(3 \cdot 0{,}2 - 0{,}12) + 1{,}7^2\,(6 \cdot 750 + 5 \cdot 1700 \cdot 0{,}2)}{24 \cdot 0{,}12 \cdot 50000 - 1700 \cdot 1{,}7^2} = 0{,}295^{m} = \text{rund } 0{,}30^{m}.$$

Das Gewicht dieſer Kappe iſt für 1^{m} nach Gleichung 51 (S. 224)

$G = {}^1/_3 \cdot 17000 \cdot 1{,}7\,(0{,}3 + 2 \cdot 0{,}2)$ . . . $= 675{,}0^{kg}$,
3^{cm} Zementeſtrich $1 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}03 \cdot 2500$ . . $= 128{,}5$ » ,
1 lauf. Meter Träger ſchätzungsweiſe . . $= 96{,}5$ » ,
zuſammen $900{,}0^{kg}$.

Das Gewicht g für 1^{qm} iſt ſomit $\frac{900}{1{,}7}$ = rund 530^{kg}.

Der Schub der voll belaſteten Kappe iſt nach Gleichung 39 (S. 222)

$$H' = 0{,}5 \cdot 50000 \cdot 0{,}12 = 3000^{kg} \text{ für } 1^{m} \text{ Trägerlänge},$$

und der gröſste Gegenſchub der unbelaſteten Kappe nach Gleichung 40 (S. 222)

$$H'' = 0{,}125 \left[\sqrt{9 \cdot 50000^2\,(0{,}3 - 0{,}2 - 0{,}12)^2 + 1700 \cdot 50000 \cdot 1{,}7^2\,(0{,}3 + 5 \cdot 0{,}2)} - 3 \cdot 50000\,(0{,}3 - 0{,}2 - 0{,}12)\right],$$

$$H'' = 2640^{kg}.$$

Die wagrechte Belaſtung eines zwiſchen einer belaſteten und einer unbelaſteten Kappe liegenden Trägers iſt ſomit

$$\frac{H' - H''}{100} = \frac{3000 - 2640}{100} = 3{,}6^{kg} \text{ für } 1^{cm}.$$

Die gröſste lotrechte Belaſtung eines Trägers tritt für volle Laſt beider anſchlieſsenden Kappen ein; ſie beträgt für 1^{qm} der Decke $750 + 530 = 1280^{kg}$.

Die lotrechte Belaſtung eines Trägers zwiſchen belaſteter und unbelaſteter Kappe iſt

$$\frac{900 + \frac{1{,}7 \cdot 750}{2}}{100} = 15{,}4^{kg} \text{ für } 1^{cm}.$$

Wird noch die zuläſſige Beanſpruchung des Eiſens zu 1100^{kg} für 1^{qcm} feſtgeſetzt, ſo iſt mit Bezug auf die Tafel bei S. 247 für den voll belaſteten Träger $s : q = 1100 : 1280 = 0{,}86$. Zunächſt unter der geſtrichelten Leitlinie der Koordinaten $l = 5{,}5$ und $b = 1{,}7$ liegt auf $s : q = 0{,}86$ das Profil Nr. 32, welches alſo bei voller Belaſtung genügt.

Für dieſes Profil iſt[344]) $\mathcal{J}_x = 12622$ und $\mathcal{J}_y = 652$; für den einſeitig belaſteten Träger iſt das lotrechte Moment $\frac{15{,}4 \cdot 550^2}{8} = 582\,312^{cmkg}$ und die entſprechende Spannung bei 32^{cm} Trägerhöhe

$$\frac{582312 \cdot 32}{2 \cdot 12622} = 739^{kg}.$$

344) Siehe Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (S. 198) dieſes »Handbuches«.

Das wagrechte Biegungsmoment unter dem einfeitigen Schube von $3{,}6$ kg ift $\frac{3{,}6 \cdot 550^2}{8} = 136\,125$ cmkg, die zugehörige Spannung bei $13{,}1$ cm Trägerbreite $\frac{136\,125 \cdot 13{,}1}{2 \cdot 652} = 1368$; es ergäbe fich fomit für die Kanten der Flanfche $1368 + 739 = 2107$ kg Spannung; der Träger ift alfo ftärker zu wählen.

273. Aufnahme der Seitenfchübe durch Verankerung.

Will man die genügende Tragfähigkeit durch Verftärkung des Trägers erreichen, fo kommt man nach dem vorgeführten Unterfuchungsgange zu einem I-Eifen Nr. 40. Die Verftärkung der Träger kann aber billiger durch Einlegen von Ankerreihen erreicht werden (fiehe Fig. 157 [S. 87], 184 [S. 101] u. 463 bis 466), welche die Träger gegeneinander abfteifen, alfo Stützen in wagrechtem Sinne bilden. Solche Anker müffen nach den Erörterungen in Kap. 4, unter a, 1 (Art. 85, S. 94), wenn fie die Schübe in jedem Trägerfache aufheben follen, an jedem Träger nach beiden Seiten unverfchieblich befeftigt fein, beftehen daher am beften aus Rundeifen, welche nur von Träger zu Träger reichen und in den benachbarten Fachen etwas verfetzt werden, oder nach Fig. 463 u. 464 aus Bandeifen über und unter den Trägern, welche die Flanfche beiderfeits mit Klammern umgreifen.

Fig. 463.

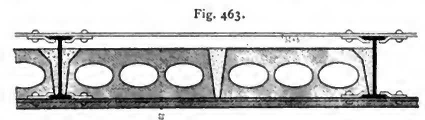


Fig. 464.

Legt man eine folche Ankerreihe in die Mitte der Weite, fo entfteht in wagrechtem Sinne aus jedem Balken ein durchlaufender Träger auf 3 Stützen von der Oeffnungsweite $\frac{550}{2} = 275$ cm; das gröfste Moment in der Mitte (am Anker[345]) ift

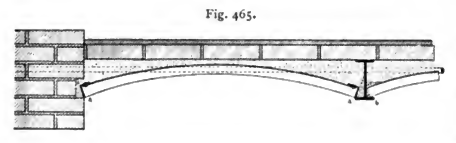
$$0{,}125 \cdot 3{,}6 \cdot 275^2 = 30\,430 \text{ cmkg}.$$

Die zugehörige Beanfpruchung ift

$$\frac{30\,430 \cdot 13{,}1}{2 \cdot 655} = 306 \text{ kg};$$

die gröfste Beanfpruchung wird $739 + 306 = 1045$ kg; alfo genügt nach Einlegen der einen Ankerreihe Profil Nr. 32 auch der wagrechten Beanfpruchung.

Fig. 465.



Der letzte Träger an der zu unmittelbarer Aufnahme von wagrechten Schüben zu fchwachen Wand hat nach den früheren Erörterungen in Kap. 4, unter *a*, 1 (Art. 85, S. 94) drei Aufgaben. Er hat bei voller Belaftung der beiden Endfache zu tragen:

α) die halbe Laft des Endfaches mit $\frac{900 + 1{,}7 \cdot 750}{2 \cdot 100} = 10{,}9$ kg für 1 cm;

β) den Schub des voll belafteten Endfaches mit $\frac{3000}{100} = 30$ kg für 1 cm, welcher durch in das letzte Fach in gröfserer Zahl eingezogene Anker aufgehoben, durch den Endträger aber innerhalb der Ankerteilung auf die Anker übertragen werden mufs;

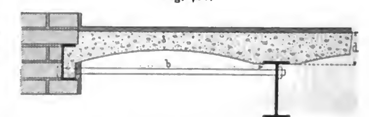
345) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, S. 337; (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

γ) die Spannung, welche er als äufsere Gurtung des vom letzten Fache mit beiden Trägern und Füllung gebildeten wagrechten Trägers für den vollen Schub der belafteten zweiten Kappe erhält.

Die Spannung im Träger aus α ift $s_1 = \frac{10{,}9 \cdot 550^2 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 523^{kg}$; fie fällt weg, wenn der Endträger in der Wand durchlaufend aufgelagert ift, wie in Fig. 466.

Die Spannung aus γ ergiebt fich in folgender Weife. Das Angriffsmoment eines vollen Kappenfchubes ift $\frac{30 \cdot 550^2}{8}$; das Widerftandsmoment des wagrechten Trägers, deffen Gurtungsquerfchnitt gleich demjenigen des Trägers Nr. 32, alfo 78^{qcm} ift, beträgt bei $b = 1{,}70^{m}$ Fachbreite als Trägerhöhe $170 \cdot 78\, s_3$; demnach ift

Fig. 466.



$$s_3 = \frac{30 \cdot 550^2}{8 \cdot 170 \cdot 78} = 86^{kg}.$$

Werden 3 Anker in das Endfeld gelegt, fo entfteht für die Uebertragung des Schubes im Endfache auf die Anker gemäfs β ein durchlaufender Träger mit 4 Oeffnungen von je $\frac{550}{4}^{cm}$. Das Moment am Mittelanker ift alsdann[346]) $0{,}0714 \cdot 30 \frac{550^2}{16}$, fomit die aus diefer Uebertragung entftehende Beanfpruchung

$$s_2 = \frac{0{,}0714 \cdot 30 \cdot 550^2 \cdot 13{,}1}{16 \cdot 2 \cdot 652} = 407^{kg}.$$

Die ganze Beanfpruchung der unteren inneren Flanfchkante im Endträger am Mittelanker ift fomit $s = s_1 + s_2 + s_3 = 523 + 86 + 407 = 1016^{kg}$, fo dafs alfo bei dreifacher Verankerung des Endfeldes auch hier das Profil Nr. 32 genügt.

Die gröfste Spannkraft in den den Trägerenden zunächft liegenden Ankern ift[347])

$$1{,}1428 \cdot 30 \frac{550}{4} = 4714^{kg}.$$

Der vorletzte Träger hat bei voller Belaftung beider Endfache zunächft die gröfste lotrechte Laft eines Zwifchenträgers mit $\frac{900 + 1{,}7 \cdot 750}{100} = 21{,}8^{kg}$ für 1^{cm}, dann die Spannung zu erleiden, welche in ihm als der inneren Gurtung des wagrechten Abfchlufsträgers des Endträgers nach γ entfteht. Die genaue Spannung aus der lotrechten Laft ift $\frac{550^2 \cdot 21{,}8 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 1045^{kg}$; die aus γ des letzten Trägers war 86^{kg}, fo dafs der vorletzte Träger höchftens $1045 + 86 = 1131^{kg}$ für 1^{qcm} erleidet. Sollte diefe Spannung fchon zu hoch erfcheinen — und fie wird häufig noch mehr das zuläffige Mafs überfchreiten, wenn der gewählte Träger gegenüber der lotrechten Laft weniger überfchüffige Stärke befitzt als in diefem Falle — fo mufs an diefer Stelle ein ftärkerer Träger eingefügt werden.

Insbefondere ift noch darauf hinzuweifen, dafs bei Anordnung einer geraden Anzahl von Ankern im Endfelde der gefährdete Querfchnitt unter Umftänden nicht in der Trägermitte, fondern an dem der Mitte zunächft liegenden Anker zu fuchen ift, weil meift die aus den wagrechten Momenten entftehenden Spannungen überwiegen.

Da bei weitgefpannten Decken unter Umftänden mehr als 3 Anker nötig werden, die Momententabelle in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 337[348]) diefes »Handbuches« aber nur bis zu 4 Oeffnungen geht, fo möge diefe Tabelle hier noch um einige Stufen erweitert werden. M heifsen die Momente über den Stützen, D die Stützendrücke und $\mathfrak{M}$ die gröfsten Momente in den Oeffnungen bei voller Belaftung der Träger mit p für die Längeneinheit.

---

[346]) Nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, S. 337 (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

[347]) Nach ebendaf.

[348]) 2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166.

	Anzahl der Oeffnungen													
	5	6	7			5	6	7			5	6	7	
M_0	0	0	0		D_0	0,3947	0,3042	0,3044		$\mathfrak{M}_1$	0,0770	0,0777	0,0778	
M_1	0,1053	0,1058	0,1050		D_1	1,1316	1,1346	1,1338		$\mathfrak{M}_2$	0,0330	0,0341	0,0339	
M_2	0,0790	0,0770	0,0774		D_2	0,9737	0,9616	0,9649		$\mathfrak{M}_3$	0,0430	0,0433	0,0440	
M_3	0,0790	0,0860	0,0844	pl^2	D_3	0,9737	1,0102	1,0070	pl	$\mathfrak{M}_4$	0,0330	0,0433	0,0400	pl^2
M_4	0,1053	0,0770	0,0844		D_4	1,1316	0,9616	1,0070		$\mathfrak{M}_5$	0,0770	0,0341	0,0440	
M_5	0	0,1058	0,0774		D_5	0,3947	1,1340	0,9648		$\mathfrak{M}_6$	—	0,0777	0,0339	
M_6	—	0	0,1050		D_6	—	0,3942	1,1338		$\mathfrak{M}_7$	—	—	0,0778	
M_7	—	—	0		D_7	—	—	0,3044						

Noch höhere Werte können fich ergeben, wenn auf die ungünftigfte Laftverteilung über die von den Ankern gebildeten Teile desfelben Balkenfaches Rückficht genommen wird. Die einer folchen Verteilung entfprechende Laftannahme geht jedoch zu weit, und die durch ihr höchft feltenes Eintreten etwa entftehenden Mehrfpannungen find eben wegen des feltenen Vorkommens ungefährlich; auch wird bei folcher teilweifer Belaftung der Spannungsbeitrag aus der lotrechten Laft geringer. Diefer Fall braucht daher im allgemeinen nicht unterfucht zu werden.

Fig. 467.

Will man die Lochung der Trägerftege für Rundeifenanker vermeiden, fo bilde man die Anker nach Fig. 463 u. 465 (S. 249) aus Flacheifen.

274. Aufnahme der Seitenfchübe durch paarweife Trägerlage.

Ein Mittel, die Anker in den Mittelfachen, abgefehen von den Endfachen, zu vermeiden, bietet noch die wechfelweife eng und weit angeordnete Trägerteilung nach Fig. 467 u. 468, wenn man jedesmal die enge Teilung mit einer ebenen Betonplatte füllt und diefe nebft den fie einfaffenden Trägern als einen wagrechten Träger ausbildet, welcher die Schübe der benachbarten, mit Kappen gefchloffenen, weiten Trägerfache aufnimmt.

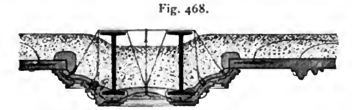


Fig. 468.

Bezeichnet bei einer derartigen Anordnung Q die gefamte Laft, welche die Längeneinheit einer gewölbten Kappe auf den Träger bringt, b die weite Trägerteilung der gewölbten Fache, b_1 die enge Trägerteilung der geraden Fache, l die Stützlänge der Träger, g die Eigenlaft des geraden Faches für die Flächeneinheit, p die Nutzlaft für die Flächeneinheit, W' das Widerftandsmoment des Trägerquerfchnittes für die wagrechte Schwerpunktsachfe, F den Trägerquerfchnitt, s_e die zuläffige Beanfpruchung für die Flächeneinheit des Trägerquerfchnittes, H' den Schub der belafteten Kappe (nach den Gleichungen 35, 39, 47, 54, 58 oder 61) und H'' den gröfsten Gegenfchub der unbelafteten Kappe (nach den Gleichungen 36, 40, 47, 56, 57, 59 u. 66); fo folgt die erforderliche Breite der geraden Fachausfüllungen aus der Beziehung

$$b_1 = \frac{1}{p+g}\left[\frac{8\,s_e\,W'}{l^2} - Q + \sqrt{\left(\frac{8\,s_e\,W}{l^2} - Q\right)^2 - \frac{2\,(H' - H'')\,(p+g)\,W'}{F}}\,\right] \qquad 75.$$

Diefe Gleichung ift in der Weife zu benutzen, dafs zunächft derjenige Trägerquerfchnitt aufgefucht wird, für welchen der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen zuerft gröfser als Null wird. Die Werte diefes Querfchnittes führe man ein und berechne das zugehörige b_1.

Beifpiel. Für die im Beifpiele in Art. 249 (S. 222) behandelte Betonkappe mit $b = 1{,}60$ m, $p = 750$ kg, $\delta = 0{,}1$ m, $d = 0{,}29$ m, $H' = 1500$ kg und $H'' = 1110$ kg foll ein Widerlagsträger durch eine ebene Betonplatte der Dicke von 12 cm mit $29 - 12 = 17$ cm Ueberfüllung mit der Breite b_1 gefchaffen werden; der Fufsboden befteht aus Eichenholz. Zunächft ift nach Gleichung 51 (S. 224), da das Gewicht der Kappe $\gamma_1 = 2200$ kg gleich dem der Ueberfüllung γ und die Ueberfüllungshöhe im Scheitel gleich Null, alfo h in Gleichung 51 gleich δ zu fetzen ift,

$$\frac{G}{2} = \frac{1{,}6}{2}\,\frac{2200}{3}\,(0{,}3 + 2 \cdot 0{,}1) \quad = 293^{\text{kg}};$$

$$\text{Fufsboden}\ \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}035 \cdot 800 = \ 22\ \text{»}$$

$$\text{Nutzlaft}\ \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 750 \ \ldots \ = 600\ \text{»}$$

alfo $Q = 915$ kg für 1 qm.

Weiter ift das Gewicht von 1 qm der geraden Platte	$0{,}12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2200 =$	264 kg
» » » » Sandüberfüllung	$0{,}17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1600 =$	272 »
» » » » des Fufsbodens	$0{,}035 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 800 =$	28 »

alfo $g = 564$ kg.

Ferner ift $H' = 1500$ kg und $H'' = 1110$ kg.

Die Stützweite l der Träger betrage 5 m und die zuläffige Beanfpruchung des Eifens 12000000 kg für 1 qm.

Die Gleichung 75 lautet dann

$$b_1 = \frac{1}{750 + 564}\left[\frac{8 \cdot 12000000\,W}{5^2} - 915 + \sqrt{\left(\frac{8 \cdot 12000000\,W}{5^2} - 915\right)^2 - \frac{2\,(1500 - 1110)\,(564 + 750)\,W}{F}}\right].$$

Das I-Profil Nr. 22 liefert unter dem Wurzelzeichen noch einen Wert kleiner als Null, das Profil Nr. 23 zuerft einen folchen gröfser als Null; für diefen ift $W = 0{,}000317$ und $F = 0{,}00429$ qm; alfo $\frac{W}{F} = 0{,}074$, und fomit

$$b_1 = \frac{1}{1314}\left[3840000 \cdot 0{,}000317 - 915 + \sqrt{(3840000 \cdot 0{,}000317 - 915)^2 - 1024920 \cdot 0{,}074}\right] = 0{,}325\ \text{m}.$$

Als Gurtungen des wagrechten Trägers find alfo zwei I-Eifen Nr. 23 zu wählen und in 32,5 cm Abftand voneinander zu verlegen. In der ganzen Decke tritt dann ein regelmäfsiger Wechfel von 160 cm weiten gewölbten Kappen und 32,5 cm breiten ebenen Platten ein. An den Enden mufs der Abfchlufs in der oben erläuterten Weife erfolgen und berechnet werden.

Um zwei Träger mit der eingefchloffenen Kappe oder Platte als einen wagrechten Träger anfehen zu können, empfiehlt es fich, an die Trägerwände einige Winkeleifen zu nieten (fiehe Fig. 467, S. 251), damit durch deren Eingriff in die Kappe oder Platte Längsverfchiebungen der Träger gegen die Kappe oder Platte verhindert werden, welche die Wirkung der beiden Träger mit der zwifchenliegenden Ausfüllung als Widerlagsträger aufheben würden.

c) Abmeffungen von Balkenlagen mit Unterzügen.

275. Durchlaufende Gelenkträger.

In Art. 10 bis 13 (S. 28 bis 30) ift bereits erläutert, weshalb die Verwendung von durchlaufenden Trägern für den Hochbau auf Bedenken ftöfst, zugleich aber, dafs die Anordnung durchlaufender Gelenkträger[349]) wegen der durch fie bedingten Erfparnis[350]) durchweg zu empfehlen ift. Daher follen im nachftehenden noch die zur Anordnung diefer Art von Trägern über beliebig vielen Oeffnungen nötigen Angaben folgen.

[349]) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 329; 2. Aufl.: S. 138) diefes »Handbuches«.

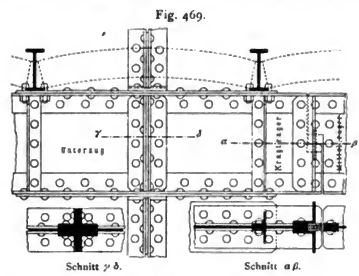
[350]) Siehe ebendaf., Art. 369, S. 333 (2. Aufl.: Art. 161, S. 142).

Für diefe Träger ift zu unterfcheiden, ob die Stützen alle gleich weit ftehen oder ob es geftattet ift, den Stützen verfchiedene Abftände zu geben. Die Belaftung fei g (in Kilogr.) für 1 cm Länge des Trägers als Eigenlaft, p (in Kilogr.) für 1 cm als Nutzlaft und q (in Kilogr.) für 1 cm als Laftenfumme.

1) Die Oeffnungsweiten find gleich.

In diefem Falle ift es zweckmäfsig, die Momente über den Stützen durch die Wahl der Lage der Gelenke (Fig. 469 bis 472) gleich den gröfsten Momenten in den ununterbrochenen Oeffnungen zu machen, damit die durchzuführenden Trägerftücke diefer Oeffnungen möglichft gleichmäfsig ausgenutzt werden. So entfteht die in Fig. 473 bis 475 angedeutete Gruppierung der gröfsten Momente, von denen M_3, M_4, M_5 nach den Regeln des Trägers auf zwei Stützen zu ermitteln find. 276. Lage der Gelenke.

Fig. 469.



Schnitt γ δ. Schnitt α β.

Die richtige Lage der Gelenke, welche Vorbedingung diefer Momentengruppierung ift, fowie die Gröfse der Momente folgen aus den nachftehenden Gleichungen, welche durch Fig. 473 bis 475 erläutert find.

$$k = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{g}{g+q}}\right); \quad \ldots \quad 76.$$

$$k_1 = \frac{q}{4(g+q)}; \quad \ldots \quad 77.$$

$$k_3 = \frac{1}{2}\left[1 - k_1 + m - \sqrt{(1 - k_1 + m)^2 - 4m}\right], \text{ worin } m = \left[\frac{q}{g}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{q}}\right)\right]^2; \quad 78.$$

$$k_2 = \frac{k_1}{1 - k_3}; \quad \ldots \quad 79.$$

$$M_1 = \frac{q k_1 l^2}{2} = \frac{q k l^2}{2}(1 - k) = \frac{q^2 l^2}{8(g+q)}; \quad \ldots \quad 80.$$

$$M_2 = \frac{q k_3 l^2}{2}(1 - k_2); \quad \ldots \quad 81.$$

$$M_3 = \frac{q l^2}{8}(1 - 2k)^2; \quad \ldots \quad 82.$$

$$M_4 = \frac{q l^2}{8}(1 - k_1)^2; \quad \ldots \quad 83.$$

$$M_5 = q \frac{l^2}{8}(1 - k_2 - k_3)^2 \quad \ldots \quad 84.$$

Diefe Gleichungen decken alle Fälle für beliebig viele Stützen nach Mafsgabe von Fig. 473 bis 475 bis auf die beiden in Fig. 476 u. 477 dargeftellten Anordnungen für 3 und 4 Stützen. Für diefe treten noch die folgenden Gleichungen hinzu:

Fig. 470.

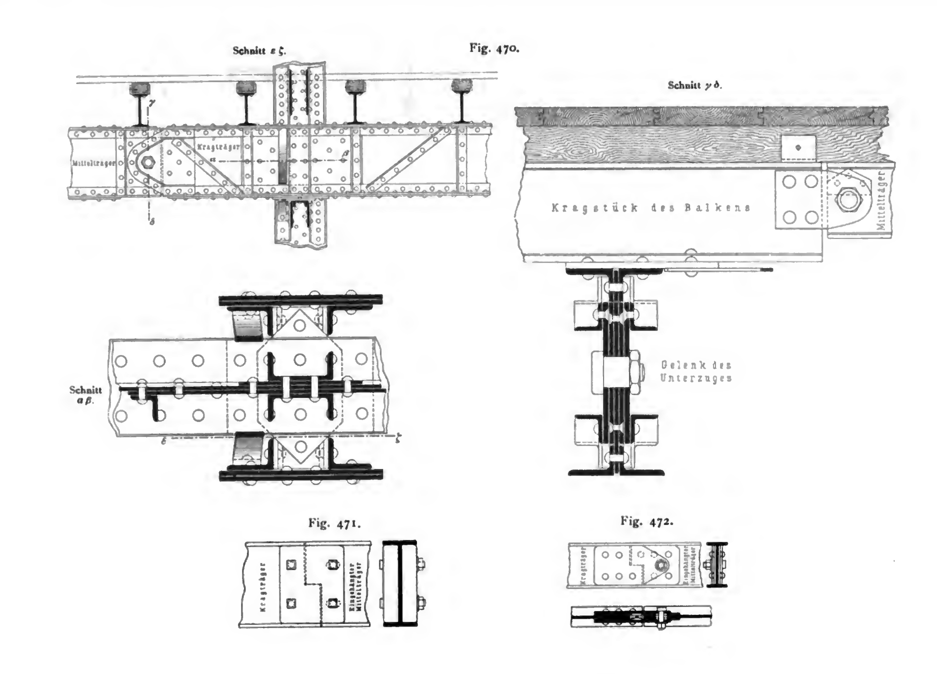


Fig. 471.

Fig. 472.

$$k_4 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - m}\,; \quad \ldots \quad 85.$$

$$M_6 = \frac{m\,q\,l^2}{2}\,; \quad \ldots \quad 86.$$

$$M_7 = \frac{q\,l^2}{8}\,(1 - m)^2\,; \quad \ldots \quad 87.$$

$$M_8 = \frac{q\,l^2}{8}\,(1 - 2\,k_4)^2 \quad \ldots \quad 88.$$

Fig. 473.

Fig. 474.

Fig. 475.

Für die Berechnung der Belaftung der Unterzüge durch die Balken und der Stützenbelaftungen durch die Unterzüge ift die Kenntnis der gröfsten Werte der

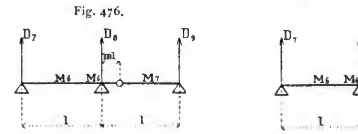


Fig. 476.

Fig. 477.

Auflagerdrucke von Wichtigkeit, welche fich nach folgenden Ausdrucken mit Berückfichtigung der Bezeichnungen in Fig. 473 bis 477 berechnen laffen:

$$D_1 = \frac{l\,[q - g\,k_3\,(1 - k_2)]}{2}\,; \quad \ldots \quad 89.$$

$$D_2 = \frac{q\,l}{2}\,(1 + k_3)\,(2 - k_2)\,; \quad \ldots \quad 90.$$

$$D_3 = \frac{q\,l}{2}\left[(2 - k_3)\,(1 + k_2) - \frac{g}{4\,(g + q)}\right]; \quad \ldots \quad 91.$$

$$D_4 = \frac{q\,l}{2}\left[2 + \frac{q - g}{4\,(q + g)}\right]; \quad \ldots \quad 92.$$

$$D_5 = \frac{q\,l}{2}\left[2 + \frac{2\,q - g}{4\,(q + g)}\right]; \quad \ldots \quad 93.$$

$$D_6 = \frac{q\,l}{2}\,\frac{3\,q + 4\,g}{4\,(q + g)}; \quad \ldots \quad 94.$$

$$D_7 = \frac{l}{2}\,(q - m\,g); \quad \ldots \quad 95.$$

$$D_8 = q\,l\,(1 + m); \quad \ldots \quad 96.$$

$$D_9 = \frac{q\,l}{2}\,(1 - m); \quad \ldots \quad 97.$$

$$D_{10} = \frac{q\,l}{2}\,(2 + m) \quad \ldots \quad 98.$$

Nach den Gleichungen 89 bis 98 erhält man auch die geringſten Werte der Stützen- und Auflagerdrucke, wenn man überall g mit q und q mit g vertauſcht. Dieſe kleinſten Werte ſind von beſonderer Wichtigkeit, wenn ſie bei geringem Werte von g negativ werden, da ſie dann eine Verankerung der Träger nach unten bedingen; ihre Berechnung zu verabſäumen, kann daher verhängnisvoll werden.

Beiſpiel. In einem Gebäude von 30^{m} Länge und 15^{m} Tiefe ſoll eine Decke mit Kappen ſtets gleichen Schubes nach den Gleichungen 42 bis 51 (S. 223 u. 224) gewölbt zwiſchen eiſernen Trägern von 1^{m} Teilung hergeſtellt werden, ſo daſs für die Balken nur die lotrechte Laſt in Frage kommt. Das Eigengewicht der Decke beträgt 400^{kg} und die Nutzlaſt 500^{kg} für 1^{qm}. Die Balken liegen der Tiefe nach und ſollen durch 2 Unterzüge in 5^{m} Abſtand geſtützt werden, ſo daſs jeder Balken durch Fig. 477 für $l = 500^{cm}$ dargeſtellt iſt. Die Unterzüge ſollen von Säulen getragen werden, welche gleichfalls 5^{m} voneinander ſtehen; der Unterzug erhält alſo 6 gleiche Oeffnungen von $l = 5^{m}$.

α) Balken. Die Laſten für 1^{cm} bei $1{,}00^{m}$ Teilung betragen $g = 4{,}0^{kg}$, $p = 5{,}0^{kg}$ und $q = 9{,}0^{kg}$; folglich iſt nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{9}{4}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4}{9}}\right)\right]^2 = 0{,}2062$$

und nach Gleichung 85

$$k_4 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - 0{,}2062} = 0{,}2907, \qquad k_4\,l = 0{,}2907 \,.\, 500 = 145{,}35^{cm}.$$

Hier iſt das Gelenk nach Fig. 469 bis 471 oder 472 anzuordnen. Nach Gleichung 86 iſt

$$M_4 = \frac{0{,}2062 \,.\, 9 \,.\, 500^2}{2} = 232000^{cmkg}.$$

Bei 1000^{kg} zuläſſiger Beanſpruchung iſt ſomit das Normalprofil Nr. 21 von I-Eiſen[351]) für die Endſtücke der Balken zu verwenden.

Für das Mittelſtück iſt $l = 500 - 2 \,.\, 145{,}35 = 209{,}3^{cm}$; $b = 1{,}00^{m}$; $s : q = 1000 : 900 = 1{,}11$; alſo iſt nach der Tafel bei S. 247 Normalprofil Nr. 12 zu verwenden.

Werden die Balken mit Gelenken in den Endöffnungen nach Fig. 478 angeordnet, in welche die Bezeichnungen aus Fig. 475 übernommen wurden, ſo wird nach Gleichung 77

$$k_1 = \frac{9}{4\,(9 + 4)} = 0{,}173, \quad \text{alſo} \quad k_1\,l = 0{,}173 \,.\, 500 = 86{,}5^{cm};$$

ferner nach den Gleichungen 80 u. 83

$$M_1 = \frac{9^2 \,.\, 500^2}{8\,(9 + 4)} = 194711^{cmkg} \quad \text{und} \quad M_4 = \frac{9 \,.\, 500^2\,(1 - 0{,}173)^2}{8} = 192355^{cmkg}.$$

Bei 1000^{kg} Beanſpruchung reicht ſomit nunmehr das Profil Nr. 20 für alle Teile des Balkens aus; bei dieſer Anordnung geht aber die unmittelbare Längsverbindung der Säulen mit den Wänden verloren, weil zwiſchen Wand und Säule nun ein Gelenk liegt.

Fig. 478.

β) Unterzüge. Um die Belaſtung der Unterzüge zu erhalten, muſs D_{10} nach Gleichung 98 für volle Belaſtung und für Eigenlaſt ermittelt werden. Es iſt:

$$\text{gröſster Wert } D_{10} = \frac{9 \,.\, 500}{2}\,(2 + 0{,}2062) = 4964^{kg},$$

$$\text{kleinſter Wert } D_{10} = \frac{4 \,.\, 500}{2}\,(2 + 0{,}2062) = 2200^{kg}.$$

351) Siehe die betr. Tabelle in Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte dieſes »Handbuches«.

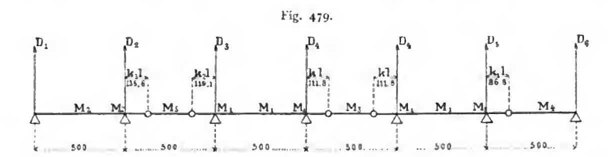
Bei der Anordnung der Balken mit Gelenken in den Endöffnungen wird die Belaftung der Unterzüge (Fig. 478) nach Gleichung 93 berechnet. Sie ift

$$\text{gröfster Wert } D_5 = \frac{9 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{2 \cdot 9 - 4}{4\,(9+4)}\right] = 5106^{\text{kg}},$$

$$\text{kleinfter Wert } D_5 = \frac{4 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{2 \cdot 4 - 9}{4\,(4+9)}\right] = 1981^{\text{kg}}.$$

Da fomit bei der Anordnung nach Fig. 478 neben der fchlechteren Säulenverankerung mit den Wänden auch noch eine ungünftigere Belaftung der Unterzüge eintritt, fo wird man in der Regel diejenige in Fig. 476 vorziehen. Diefe Laften treten als Einzellaften in $1{,}00^{\text{m}}$ Abftand auf; die Berechnung liefert aber genügend genaue Ergebniffe, wenn die Laft wieder gleichförmig verteilt gedacht wird. Somit ift

Fig. 479.



für den Unterzug (Fig. 479), wenn die Balken nach Fig. 477 gebildet werden, für 1^{cm} Trägerlänge $g = 22^{\text{kg}}$ und $q = 49{,}64^{\text{kg}} = \backsim 50^{\text{kg}}$; daher nach Gleichung 76

$$k = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{22}{22+50}}\right) = 0{,}2236 \quad \text{und} \quad k\,l = 0{,}2236 \cdot 500 = 111{,}8^{\text{ cm}};$$

nach Gleichung 77

$$k_1 = \frac{50}{4\,(22+50)} = 0{,}1736 \quad \text{und} \quad k_1\,l = 0{,}1736 \cdot 500 = 86{,}8^{\text{ cm}};$$

nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{50}{22}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{22}{50}}\right)\right]^2 = 0{,}2066,$$

$$k_3 = \frac{1}{2}\left[1 - 0{,}1736 + 0{,}2066 - \sqrt{(1 - 0{,}1736 + 0{,}2066)^2 - 4 \cdot 0{,}2066}\right] = 0{,}2712,$$

$$k_3\,l = 0{,}2712 \cdot 500 = 135{,}6^{\text{ cm}};$$

nach Gleichung 79

$$k_2 = \frac{0{,}1736}{1 - 0{,}2712} = 0{,}2382 \quad \text{und} \quad k_2\,l = 0{,}2382 \cdot 500 = 119{,}1^{\text{ cm}};$$

nach Gleichung 80

$$M_1 = \frac{50^2 \cdot 500^2}{8\,(22+50)} = 1\,085\,070^{\text{ cmkg}}.$$

Bei 1000^{kg} Spannung müffen alfo die beiden beiderfeits überkragenden Trägerftücke aus Normalprofil Nr. 36 gebildet fein.

Nach Gleichung 81 ift $M_2 = \dfrac{50 \cdot 0{,}2712 \cdot 500^2}{2}\,(1 - 0{,}2382) = 1\,291\,250^{\text{ cmkg}}$; für das überkragende Endftück links genügt alfo Profil Nr. 38 knapp.

Nach Gleichung 82 ift $M_3 = \dfrac{50 \cdot 500^2\,(1 - 2 \cdot 0{,}2236)^2}{8} = 477\,481^{\text{ cmkg}}$; für den mittleren eingehängten Träger ift daher Profil Nr. 28 zu verwenden.

Nach Gleichung 83 ift $M_4 = \dfrac{50 \cdot 500^2 \cdot (1 - 0{,}1736)^2}{8} = 1\,068\,125^{\text{ cmkg}}$; das linke Endftück mufs fonach aus Profil Nr. 36 beftehen.

Nach Gleichung 84 ift $M_5 = \dfrac{50 \cdot 500^2\,(1 - 0{,}2382 - 0{,}2712)^2}{8} = 376\,075^{\text{ cmkg}}$; für den linken eingehängten Träger ift alfo Profil Nr. 26 zu verwenden.

Die Belastungen der Wände an den Enden der Unterzüge und diejenigen der stützenden Säulen ergeben sich aus den Gleichungen 89 bis 94 ohne weiteres; z. B. ist nach Gleichung 92

$$D_4 = \frac{50 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{50 - 22}{4\,(50 + 22)}\right] = 26\,216^{\text{kg}},$$

oder nach Gleichung 91

$$D_3 = \frac{50 \cdot 500}{2}\left[(2 - 0{,}2712)\;(1 + 0{,}2382) - \frac{22}{4\,(22 + 50)}\right] = 25\,802^{\text{kg}}.$$

Wären die Balken nicht überkragend angeordnet, sondern über den Unterzügen gestoßen, so hätte sich das größte Biegungsmoment zu $\frac{9 \cdot 500^2}{8} = 281\,250^{\text{cm}}$ ergeben, und statt der Querschnitte Nr. 21 und 12 hätte durchweg Nr. 22 verwendet werden müssen.

Wären zugleich die Unterzüge über den Säulen gestoßen, so hätte die Last $(500 + 400)\,\frac{5}{100} = 45^{\text{kg}}$ für 1^{cm}, also das größte Biegungsmoment in allen Oeffnungen $\frac{45 \cdot 500^2}{8} = 1\,406\,250^{\text{cmkg}}$ betragen; statt der Profile Nr. 38, 36 und 28 hätte somit durchweg Nr. 40 verwendet werden müssen.

Durch Einfügen der Gelenke ist der Trägerrost also beträchtlich erleichtert, und diese Erleichterung ist durchschlagender als die Verstärkung der Stützen, welche infolge der Anordnung durchlaufender Gelenkträger erforderlich wird. Die größte Stützenlast für über den Auflagern gestoßene Balken und Unterzüge würde $500 \cdot 45 = 22\,500^{\text{kg}}$ betragen.

2) Die Oeffnungsweiten können verschieden sein.

277. Grundgedanke.

Da, wo verschiedene Oeffnungsweiten, also ungleiche Stützenentfernungen zulässig sind, kann man diesen Umstand benutzen, um die Stütz- und Kraglängen den Werten g und q so anzupassen, dass das größte Moment auch der eingehängten Trägerstücke gleich den beiden größten Momenten der Kragstücke und somit alle gefährlichen Momente eines Trägers einander gleich werden. Man erreicht so, neben der Möglichkeit, einen einheitlichen Querschnitt für den ganzen Träger durchzuführen, zugleich thunlichst geringes Gewicht der Träger.

Da die Stützenteilung bei Erfüllung dieser Bedingung aber von g und q abhängig ist, andererseits bei mehrgeschossigen Gebäuden die Stützen verschiedener Geschosse lotrecht übereinander stehen sollen, so ist die günstigste Stützenteilung in diesem Falle nicht gleichzeitig in allen Geschossen zu erreichen, wenn die verschiedenen Geschosse auf verschiedene Werte von g und q einzurichten sind. In einem solchen Falle richte man die Stützenteilung für diejenigen Werte von g und q ein, welche in den meisten Geschossen wiederkehren; in den übrigen Geschossen ist völlige Ausgleichung der Momente dann nicht zu erreichen, und man muss sich damit begnügen, wie bei gleicher Stützenteilung, die Momente nur an den gefährlichen Stellen der Kragteile gleich zu machen.

278. Verfügung über die Stützweite frei; Momentenausgleich.

Hier ist also zuerst der Fall zu behandeln, dass die Stützenteilungen für völlige Ausgleichung aller größten Momente eingerichtet werden sollen.

Die Anordnung von dieser Bedingung genügenden Trägern ist allgemein in Fig. 480 u. 481 für eine ungerade, in Fig. 482 für eine gerade Anzahl von Oeffnungen dargestellt; die Anzahl der Oeffnungen für Fig. 480 u. 481 sei $2n + 1$; diejenige für Fig. 482 betrage $2n$.

Zunächst ergeben sich die die Gelenke festlegenden Zahlenwerte k und k_1 aus

$$k = 3 - 2\sqrt{2} = 0{,}1716, \qquad 99.$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{2} - 1}{2\sqrt{2}} = 0{,}14644 \qquad 100.$$

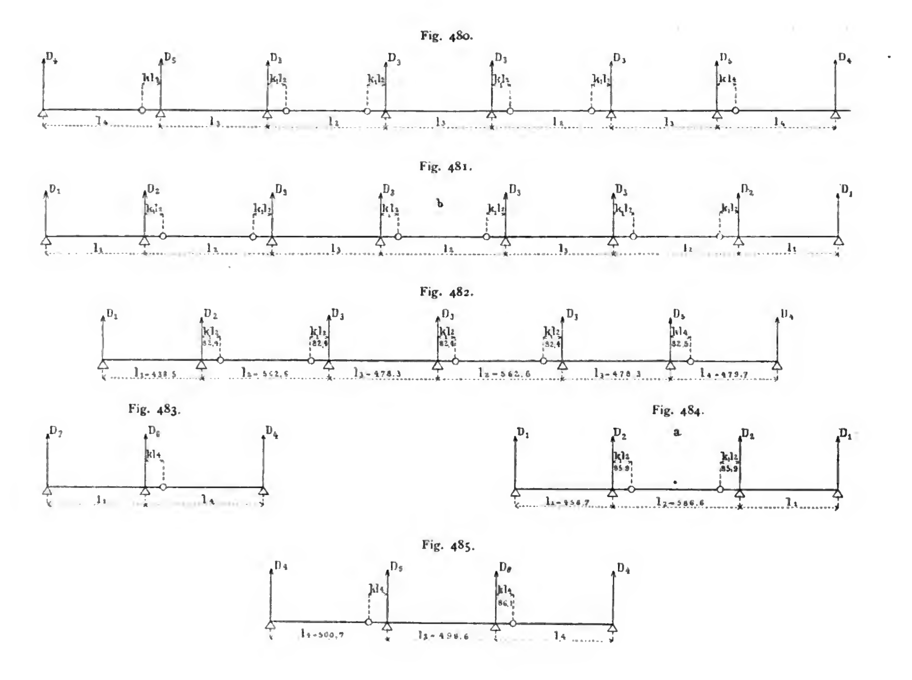


Fig. 480.

Fig. 481.

Fig. 482.

Fig. 483.

Fig. 484.

Fig. 485.

Neben den Bezeichnungen, deren Bedeutung aus Fig 480 bis 482 hervorgeht. führen wir noch die ftets bekannte Gefamtlänge des Trägers L ein. Wird wieder die Eigenlaft für die Längeneinheit g, die Gefamtlaft q und die Nutzlaft p genannt, fo kann die Abmeffung der einzelnen Teile nach den folgenden Ausdrücken erfolgen:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}3536}{\sqrt{1+\frac{g}{q}}-1} \cdot \frac{g}{q}; \quad \ldots \ldots \quad 101.$$

$$\frac{l_3}{l_2} = 0{,}7072 \sqrt{\frac{g+q}{q}}; \quad \ldots \ldots \quad 102.$$

$$\frac{l_4}{l_2} = \frac{1}{\sqrt{8k}} = 0{,}8525. \quad \ldots \ldots \quad 103.$$

Damit find alle Weiten auf l_2 bezogen, und die Berechnung von l_2 aus L gefchieht nun für die verfchiedenen Fälle nach den folgenden Gleichungen.

Zahl der Oeffnungen (ungerade) $= 2n + 1$ (Fig. 480: Endöffnung mit Gelenk):

$$L = 2\,l_4 + n\,l_3 + (n-1)\,l_2. \quad \ldots \ldots \quad 104.$$

Zahl der Oeffnungen (ungerade) $= 2n + 1$ (Fig. 481: Endöffnung ohne Gelenk):

$$L = 2\,l_1 + n\,l_2 + (n-1)\,l_3. \quad \ldots \ldots \quad 105.$$

Zahl der Oeffnungen (gerade) $= 2n$ (Fig. 482):

$$L = l_1 + l_4 + (n-1)\,l_2 + (n-1)\,l_3. \quad \ldots \ldots \quad 106.$$

Die bei diefer Anordnung in allen gefährlichen Querfchnitten gleichen Momente find zu berechnen nach

$$M = \frac{q\,l_2{}^2}{16} = 0{,}0858\,q\,l_4{}^2. \quad \ldots \ldots \quad 107.$$

In Fig. 483 bis 485 find die Verhältniffe der Träger auf 3 und 4 Stützen dargeftellt, foweit für diefe die aus den Gleichungen 101 bis 103 zu entnehmenden Verhältniffe nicht verwendbar find. Danach ift

$$\frac{l_4}{l_1} = 2{,}411\,\frac{q}{g}\left(\sqrt{1+\frac{g}{q}}-1\right), \quad \ldots \ldots \quad 108.$$

$$\frac{l_4}{l_3} = 1{,}207\sqrt{\frac{q}{g+q}}. \quad \ldots \ldots \quad 109.$$

Für die Ermittelung der Stützenbelaftungen ift die Feftftellung der gröfsten Auflagerdrücke erforderlich. Diefe ergeben fich aus:

$$D_1 = \frac{q\,l_1}{2} - \frac{g\,l_2{}^2}{16\,l_1}, \quad \ldots \ldots \quad 110.$$

$$D_2 = \frac{q}{2}\left(l_1 + l_2 + \frac{l_2{}^2}{8\,l_1}\right), \quad \ldots \ldots \quad 111.$$

$$D_3 = q\,\frac{l_2 + l_3}{2} + (q-g)\,\frac{l_2{}^2}{16\,l_3}, \quad \ldots \ldots \quad 112.$$

$$D_4 = 0{,}1142\,q\,l_4, \quad \ldots \ldots \quad 113.$$

$$D_5 = q\,\frac{l_3 + l_4}{2} + 0{,}0858\,q\,l_4\left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right) - \frac{g\,l_2{}^2}{16\,l_3}, \quad \ldots \ldots \quad 114.$$

$$D_6 = q \frac{l_1 + l_1}{2} + 0{,}0858\, q\, l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_1}\right), \quad \ldots \ldots \quad 115.$$

$$D_7 = \frac{q\, l_1}{2} - 0{,}0858\, g \frac{l_4^2}{l_1}, \quad \ldots \ldots \quad 116.$$

$$D_8 = q \frac{l_3 + l_1}{2} + 0{,}0858 \left[q\, l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right) - g \frac{l_4^2}{l_3} \right] \quad \ldots \ldots \quad 117.$$

Die Gleichungen 110 bis 117 geben die gröfsten Werte der Stützendrücke; die kleinften — möglicherweife negativen — ergeben fich durch Vertaufchung von g mit q und q mit g aus denfelben Gleichungen.

Beifpiel. Des Vergleiches wegen mag hier die in Art. 276 (S. 256) fchon für gleiche Stützenteilungen zu Grunde gelegte Decke nach den nunmehr feftgeftellten Gefichtspunkten nochmals durchgerechnet werden. Für die Balken ift demnach $L = 15^{m}$ und für die Unterzüge $L = 30^{m}$; die Eigenlaft beträgt $g = 400$ und die Nutzlaft $p = 500^{kg}$ für 1^{qm}.

Für die Balken ift $p = 4$, $q = 9^{kg}$ für 1^{cm} und bei Anordnung nach Fig. 484 mit Gelenken in der Mittelöffnung nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}2536}{\sqrt{1 + \frac{4}{9}} - 1} \cdot \frac{4}{9} = 0{,}7784;$$

nach Gleichung 105 wird für $n = 1$ und $L = 15$ hiernach $15 = 2 \cdot 0{,}7784\, l_2 + 1 \cdot l_2$; fomit $l_2 = 5{,}866$ und $l_1 = 4{,}567^{m}$, und weiter nach Gleichung 100: $k_1 l_2 = 0{,}14644 \cdot 5{,}866 = 0{,}859^{m}$.

Nach Gleichung 107 ift das überall gleiche gröfste Moment $M = \frac{9 \cdot 586{,}6^2}{16} = 193\,556^{cmkg}$; fomit genügt bei 1000^{kg} zuläffiger Spannung das Profil Nr. 20.

Die Belaftung der Unterzüge folgt nach Gleichung 111

$$\text{mit dem gröfsten Werte } D_2 = \frac{9}{2}\left(456{,}7 + 586{,}6 + \frac{586{,}6^2}{8 \cdot 456{,}7}\right) = 5118^{kg},$$

$$\text{mit dem kleinften Werte } D_2 = \frac{4}{2}\left(456{,}7 + 586{,}6 + \frac{586{,}6^2}{8 \cdot 456{,}7}\right) = 2274^{kg}.$$

Werden diefe Laften, welche in $1{,}00^{m}$ Teilung wiederkehren, gleichförmig verteilt gedacht, fo wird für die Unterzüge $q = 51{,}2^{kg}$ und $g = 22{,}8^{kg}$.

Werden für die Balken nach Fig. 485 die Gelenke in die Endöffnungen gelegt, fo ift nach Gleichung 109

$$\frac{l_4}{l_3} = 1{,}207 \sqrt{\frac{9}{4 + 9}} = 1{,}0043;$$

fomit nach Gleichung 104 für $n = 1$ nunmehr $15 = 2\, l_4 + \frac{1}{1{,}0043}\, l_4$, alfo $l_4 = 5{,}007^{m}$ und $l_3 = 4{,}986^{m}$.

Nach Gleichung 99 ift $k\, l_4 = 0{,}1716 \cdot 5{,}007 = 0{,}861^{m}$. Nach Gleichung 107 wird

$$M = 0{,}0858 \cdot 9 \cdot 500{,}7^2 = 194\,041^{cmkg},$$

alfo ebenfo grofs, wie nach der Anordnung mit Gelenken in der Mittelöffnung.

Die Belaftung der Unterzüge wird nach Gleichung 117

$$D_8 = 9\, \frac{498{,}6 + 500{,}7}{2} + 0{,}0858\, [9 \cdot 500{,}7\, (1 + 1{,}0043) - 4 \cdot 1{,}0043 \cdot 500{,}7] = 5100^{kg};$$

am kleinften, wenn in Gleichung 117 die Gröfsen g und q vertaufcht werden, fomit

$$D_8 = 4\, \frac{498{,}6 + 500{,}7}{2} + 0{,}0858\, [4 \cdot 500{,}7\, (1 + 1{,}0043) - 9 \cdot 1{,}0043 \cdot 500{,}7] = 1955^{kg}.$$

Hier find beide Anordnungen alfo etwa gleichwertig; wegen der befferen Verbindung der Säulen mit den Wänden, fowie wegen der geringeren Schwankung in der Belaftung der Unterzüge wird die erftere nach Fig. 484 beibehalten.

Fig. 486.

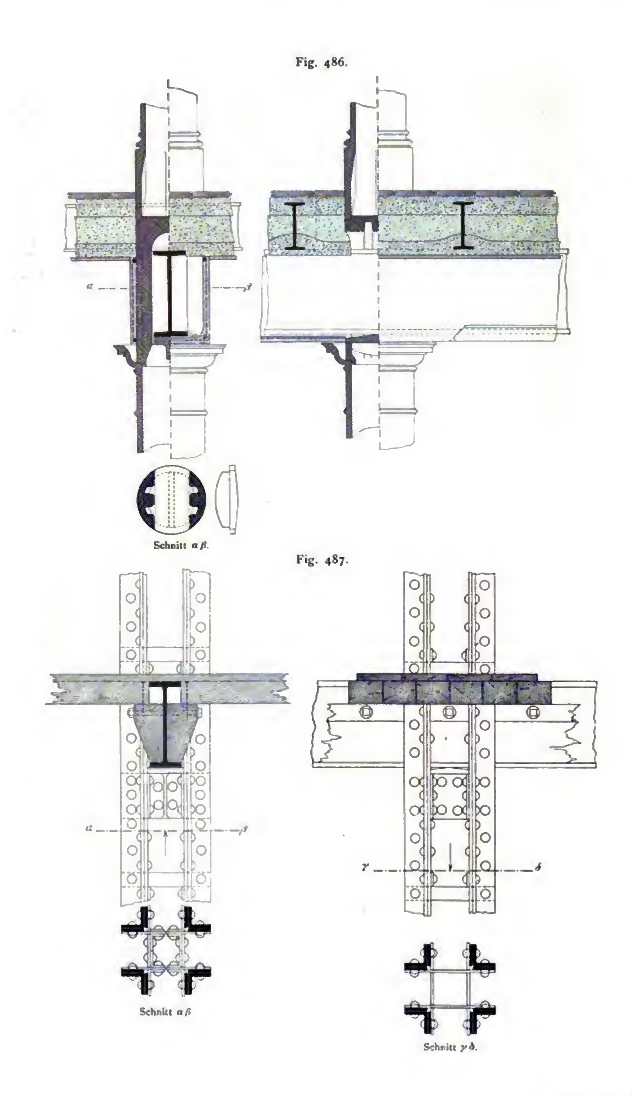


Fig. 487.

Für den Unterzug ist somit rund $q = 51{,}2$ kg und $g = 22{,}8$ kg für 1 cm. Um bei $L = 30$ m annähernd 5 m Säulenentfernung zu erhalten, werden 6 Oeffnungen angeordnet, so dass Fig. 482 massgebend ist. Alsdann ist nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}3536}{\sqrt{1 + \frac{22{,}8}{51{,}2}} - 1} \cdot \frac{22{,}8}{51{,}2} = 0{,}7793 ;$$

nach Gleichung 102

$$\frac{l_3}{l_2} = 0{,}7072 \sqrt{\frac{22{,}8 + 51{,}2}{51{,}2}} = 0{,}8502 ;$$

nach Gleichung 103

$$\frac{l_4}{l_2} = 0{,}8525 .$$

Wird weiter in Gleichung 106 für n der Wert 3 eingesetzt, so folgt

$$30 = l_2 \,(0{,}7793 + 0{,}8525 + 2 + 2 \cdot 0{,}8502) \quad \text{oder} \quad l_2 = 5{,}626 \text{ m}.$$

Danach ist

$$l_1 = 0{,}7793 \cdot 5{,}626 = 4{,}385 \text{ m},$$
$$l_3 = 0{,}8502 \cdot 5{,}626 = 4{,}783 \text{ m},$$
$$l_4 = 0{,}8525 \cdot 5{,}626 = 4{,}797 \text{ m}.$$

Das an allen gefährlichen Stellen gleiche grösste Moment ist nach Gleichung 107

$$M = \frac{51{,}2 \cdot 562{,}6^2}{16} = 1012860 \text{ cmkg}.$$

Bei 1000 kg Spannung ist sonach durchweg das I-Profil Nr. 36 zu verwenden; somit ist die Trägeranordnung trotz der etwas grösseren Last hier vorteilhafter als bei gleichen Stützenteilungen.

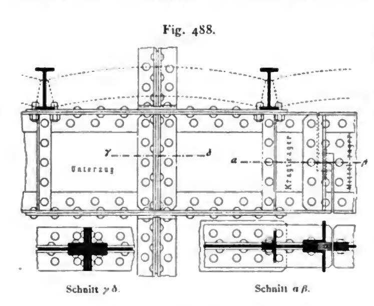
Die Länge $k_1 l_2$ wird nach Gleichung 100: $0{,}14644 \cdot 562{,}6 = 82{,}4$ cm und $k l_4$ nach Gleichung 99: $0{,}172 \cdot 479{,}7 = 82{,}5$ cm.

Die Stützendrücke, welche aus den Gleichungen 110 bis 117 folgen, werden hier um ein geringes grösser, als bei gleicher Teilung der Stützen. So wird z. B. nach Gleichung 112

$$D_3 = 51{,}2 \, \frac{562{,}6 + 478{,}3}{2} + (51{,}2 - 22{,}8) \, \frac{562{,}6^2}{16 \cdot 478{,}3} = 27820 \text{ kg}.$$

Der Druck D_3 für gleiche Stützenteilung betrug nur 25802 kg; doch hat dieser Unterschied keinen erheblichen Einfluss auf die Kosten der Säulen; viel wichtiger ist die durch die überall gleiche Trägerhöhe erzielte grössere Gleichmässigkeit in der Ausbildung der Stützen, wie der ganzen Decke.

Fig. 488.

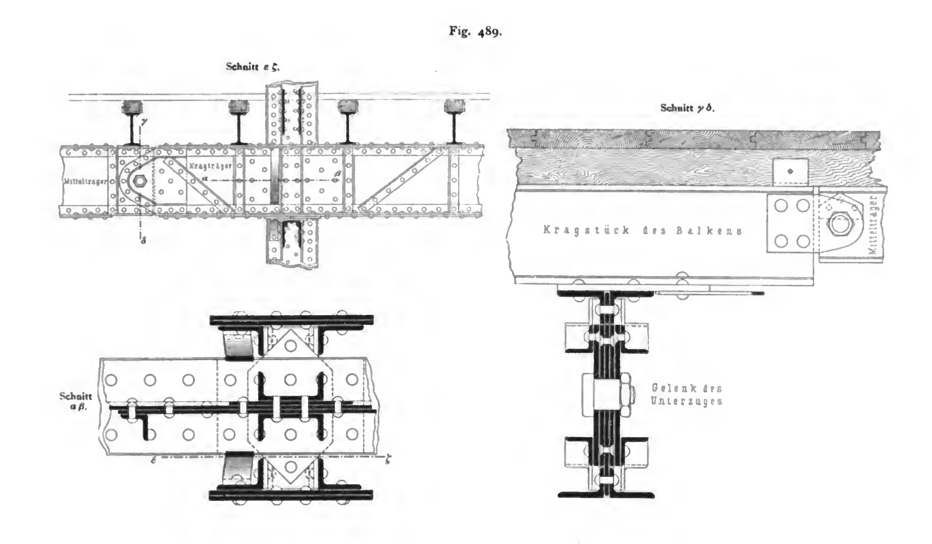


Schnitt γδ. Schnitt αβ.

Es mag noch besonders hervorgehoben werden, dass in den Rechnungsbeispielen das Eigengewicht der Träger vernachlässigt wurde; bei Berechnungen für die Ausführung genügt es, für die Balken ein Gewicht von 0,5 kg für 1 cm, für die Unterzüge ein solches von 0,9 kg für 1 cm von vornherein einzuführen. In der Regel werden die Träger diese Gewichte nicht ganz erreichen.

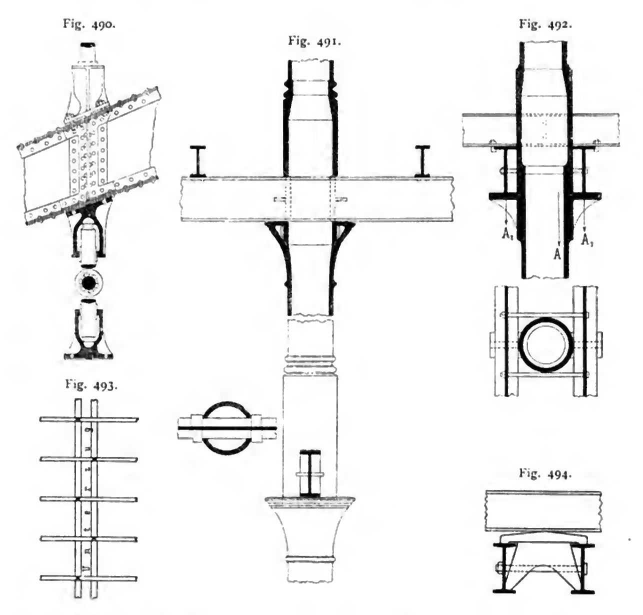
Bei einfacher Anordnung der Unterzuge könnten die Stützen nach den Beispielen in Fig. 486 bis 490 ausgebildet werden; die Anordnung in Fig. 491 ist für so schwere Tragkonstruktion, wegen der Schwächung der Säule, weniger zu empfehlen. Bei gusseisernen Stützen sind streng genommen nur die Anordnungen nach Fig. 486

Fig. 489.


Schnitt ε ζ.
Mitteltrager
Kragträger
Schnitt γ δ.
Kragstück des Balkens
Mitteltrager
Schnitt α β.
Gelenk des
Unterzuges

ganz vollkommen, fowie für nicht zu grofse Belaftung auch die Anordnung nach Fig. 495; die nächftbefte nach Fig. 492 bedingt aber eine Balkenlagerung nach Fig. 493 oder 494. Man erkennt hieraus, dafs fich durchlaufende Gelenkunterzuge bei fchmiedeeifernen Stützen wefentlich bequemer anordnen laffen als bei den gefchloffenen gufseifernen, wenn nicht die Decke fo leicht ift, dafs man die Anordnung nach Fig. 495, 486 oder 491 unbedenklich wählen kann.

Bei den ungleichen Stützenteilungen ift das Nachrechnen der kleinften Stützendrücke nach den Gleichungen 110 bis 117 unter Vertaufchen von g und q noch



wichtiger als bei gleichen Oeffnungen, da die Verankerung der Auflagerftellen nach unten für negative Stützendrücke hier noch leichter als dort erforderlich wird. Zur Aufhebung diefer ftets geringen negativen Auflagerdrücke wird in der Regel fchon das Gewicht der Stützen genügen. Die Endauflager, bei denen am leichteften negative Auflagerkräfte vorkommen, können meift Verankerungen in den Wänden erhalten; doch ift dann bei Bemeffung der Wandftärken die Wirkung diefer meift aufserhalb des Schwerpunktes nach oben wirkenden Kräfte genau zu berückfichtigen.

279. Stützweiten vorgefchrieben. Der zweite Fall ift der, dafs die Stützweiten zwar verfchieden, aber unabhängig vom Verhältniffe $g : q$ feft vorgefchrieben find, fo dafs die Ausgleichung aller gröfsten Momente nicht mehr möglich ift.

Abgefehen von ganz unregelmäfsigen Anordnungen, in denen blofs Sonderrechnungen von Fall zu Fall zum Ziele führen können, ift hier nur der oben angedeutete Fall allgemein zu behandeln, dafs die Stützenftellung in Fig. 480 bis 485 für ein Gefchofs oder mehrere gleich belaftete Stockwerke auf vollftändige Ausgleichung der Momente eingerichtet wurde, und nun in einem anderen Gefchoffe durchgeführt werden mufs, wo fie dem dort auftretenden veränderten Verhältniffe $g : q$ nicht mehr entfpricht.

In Fig. 496 bis 499 find daher die Bezeichnungen der Stützweiten aus Fig. 480 bis 482 (S. 259) übernommen, und es kommt nun darauf an, die Gelenke fo zu legen, dafs die drei, in den Endftücken die zwei gröfsten Momente jedes durchlaufenden Trägerftückes unter fich gleich werden. Alsdann werden im allgemeinen die durchlaufenden Trägerftücke unter fich und auch gegen die eingehängten Trägerftücke verfchiedenen Querfchnitt erhalten, wie dies durch die in Fig. 496 bis 499 beigefchriebenen Momentenbezeichnungen angedeutet ift. Die Lage der Gelenke, die Momentengröfsen und die Auflagerdrücke ergeben fich mit Bezug auf Fig. 496 aus den folgenden Formeln.

Zuerft werden aus den gegebenen Stützweiten und g und q zwei Hilfsgröfsen a und b berechnet nach:

$$a = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_2^2}, \qquad 118.$$

$$b = \left[\frac{q}{g} \frac{l_1}{l_2} \left(\sqrt{1 + \frac{g}{q}}\right) - 1\right]^2. \qquad 119.$$

Danach ergiebt fich dann:

$$k = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_4^2}, \qquad 120$$

$$k_1 = 0{,}5\left(1 - \sqrt{1 - 4a}\right), \qquad 121.$$

$$k_2 = \frac{b+1-a}{2} - \sqrt{\left(\frac{b+1-a}{2}\right)^2 - b}, \qquad 122.$$

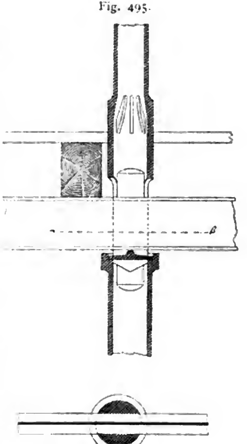
$$k_3 = \frac{a}{1-k_2}, \qquad 123.$$

$$M = \frac{q a l_2^2}{2}, \qquad 124.$$

$$M_1 = \frac{q b l_2^2}{2} \qquad 125.$$

Die Momente M_3 und M_4 für die eingehängten Trägerftücke ergeben fich nach den Regeln des Balkens auf zwei Stützen.

Fig. 495.



Schnitt $\alpha\beta$.

Vom Gafthof »Englifcher Hof« zu Hildesheim. — 1/25 w. Gr.

Die gröfsten Werte der Stützendrücke find:

$$D_1 = \frac{q l_1}{2} - \frac{g b l_2^2}{2 l_1}, \qquad 126.$$

$$D_2 = \frac{q}{2}\left[l_1 + l_2\left(1 + k_2 - k_3 + \frac{l_2}{l_1}\,b\right)\right], \quad \ldots \quad 127.$$

$$D_3 = \frac{q}{2}\,[l_2(1 - k_2) + l_3]\left(1 + k_3\,\frac{l_2}{l_3}\right) - \frac{g\,a\,l_2^2}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 128.$$

$$D_4 = \frac{q}{2}\left(l_2 + l_3 + a\,\frac{l_2^2}{l_3}\right) - \frac{g\,a\,l_2^2}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 129.$$

$$D_5 = \frac{q}{2}\left[l_3 + l_4 + k\,l_4\left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right)\right] - \frac{g\,a\,l_2^2}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 130.$$

$$D_6 = \frac{q}{2}\,l_4\,(1 - k) \quad \ldots \quad 131.$$

Fig. 496.

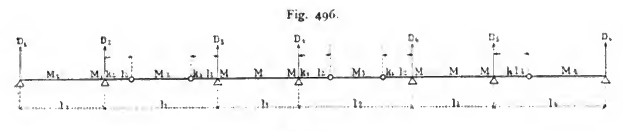


Fig. 497.

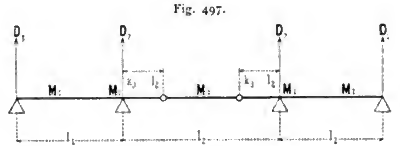


Fig. 498.

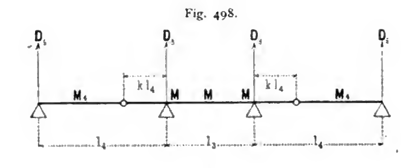
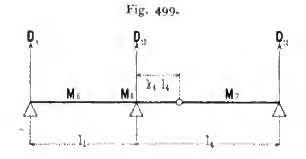


Fig. 499.



Auch hier ergeben fich die geringften, möglicherweife negativen Werte der Stützendrücke aus den Gleichungen 126 bis 131 durch Vertaufchen von g und q, wobei zu beachten ift, dafs die Gröfsen a und b die Gröfsen g und q enthalten, fich alfo bei diefer Vertaufchung auch ändern.

Die Verhältniffe derartiger Stützungen von Trägern auf vier und drei Stützen find in Fig. 497 bis 499 dargeftellt.

Für diefe treten den oben angegebenen Formeln noch die folgenden hinzu:

$$k_3 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - b} \qquad 132.$$

$$k_4 = \left[\frac{q}{g}\,\frac{l_4}{l_1}\left(\sqrt{1+\frac{g}{q}} - 1\right)\right]^2 \qquad 133.$$

$$M_6 = \frac{q\,k_4\,l_4^2}{2} \qquad 134.$$

$$D_7 = \frac{q}{2}\left[l_1 + l_2\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\,b\right)\right] \qquad 135.$$

$$D_8 = \frac{q}{2}\left[l_4 + l_3 + k\,l_4\left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right)\right] - \frac{g\,k\,l_4^2}{2\,l_3} \qquad 136.$$

$$D_9 = \frac{1}{2}\left(q\,l_1 - g\,k_4\,\frac{l_4^2}{l_1}\right) \qquad 137.$$

$$D_{10} = \frac{q}{2}\left\{l_1 + l_4\left[1 + k_4\left(1 + \frac{l_4}{l_1}\right)\right]\right\} \qquad 138.$$

$$D_{11} = \frac{q\,l_4}{2}\,(1 - k_4) \qquad 139.$$

Die Momente M_5 und M_7 folgen wieder ohne weiteres aus den Trägerftücken, in denen fie wirken, wenn man letztere als Träger auf zwei Stützen behandelt. Die kleinften Stützendrücke ergeben fich wie früher, aus den Gleichungen 135 bis 139 durch Vertaufchen von g und q.

Berichtigungen.

S. 83, Zeile 9 von unten foll ftatt: »Fig. 375« heifsen: »Fig. 382«.

S. 113, Zeile 1 von oben: Statt: »$\frac{s}{E} = 0{,}000003$« zu lefen: »$\frac{s}{E} = 0{,}000003\,s$«.

Zeile 4 von oben: Statt: »$\frac{s}{E} = 0{,}000001$« zu lefen: »$\frac{s}{E} = 0{,}000001\,s$«.

DRITTER TEIL.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band: **Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente**. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Raumbegrenzende Konstruktionen.**

Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.

Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Aufl. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle, und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 4: **Dächer;** Dachformen. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Dachstuhlkonstruktionen. Von Geh. Baurat Prof. TH. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 5: **Dachdeckungen;** verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.

3. Band, Heft 1: **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. KRÄMER, Frankenhausen, Kaiserl. Rat PH. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

4. Band: **Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER und Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER, Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Prof. Dr. O. LUEGER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 22 Mark, in Halbfranz gebunden 25 Mark.

5. Band: **Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen.** Von Geh. Bauräten Professoren † E. MARX und Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Entwässerung und Reinigung der Gebäude;** Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Aborte und Pissoirs; Entfernung der Fäkalstoffe aus den Gebäuden. Von Privatdocent Bauinspektor M. KNAUFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. (Vergriffen.) Dritte Auflage in Vorbereitung.

6. Band: **Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Geh. Baurat † A. ORTH, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und sonstige Kühlanlagen.** Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Baurat E. SPILLNER, Essen. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. Halbband: **Die architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

2. Halbband: **Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehres.**

Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. C. WEISSBACH, Dresden.
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprechdienst.** Von Postbaurat R. NEUMANN, Erfurt. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.

3. Halbband: **Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**

Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung** (Schlachthöfe und Viehmärkte; Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**

Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Festhallen.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 11 Mark, in Halbfranz gebunden 14 Mark.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**

Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflege-Anstalten** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat und Geh. Regierungsrat † A. FUNK, Hannover und Prof. K. HENRICI, Aachen. Zweite Auflage.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

Heft 1: **Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Real-Lehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Alumnate, Lehrer- u. Lehrerinnen-Seminare, Turnanstalten). Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. † H. LANG, Karlsruhe, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage unter der Presse.

Heft 2: **Hochschulen**, zugehörige und verwandte wissenschaftliche Institute (Universitäten; technische Hochschulen; naturwissenschaftliche Institute; medizinische Lehranstalten der Universitäten; technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Geh. Oberbaurat H. EGGERT, Berlin, Baurat C. JUNK, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Oberbaudirektor † Dr. P. SPIEKER, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. TIEDEMANN, Potsdam. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 3: **Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. SCHAUPERT, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt und Prof. C. WALTHER, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat † A. KERLER, Karlsruhe, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Prof. A. MESSEL, Berlin, Architekt R. OPFERMANN, Mainz, Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 5: **Theater- und Cirkusgebäude.** Von Baurat M. SEMPER, Hamburg und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Unter der Presse.

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

Heft 1: **Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. BLUNTSCHLI, Zürich, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Prof. G. LASIUS, Zürich, Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Baurat F. SCHWECHTEN, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Baudirektor † TH. v. LANDAUER, Stuttgart. Zweite Auflage.
Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: **Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. WALLOT, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Oberstleutnant F. RICHTER, Dresden. Zweite Aufl. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: **Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

Heft 1: **Kirchen.** Von Hofrat Prof. Dr. C. GURLITT, Dresden. In Vorbereitung.

Heft 2 u. 3: **Denkmäler.** Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. Unter der Presse.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Geh. Baurat J. STÜBBEN, Köln. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

10. Halbband: **Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. LAMBERT und Architekt E. STAHL, Stuttgart.
Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

Stuttgart,
im Februar 1903.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung
A. Kröner.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm**, Geh. Rat in Karlsruhe und
Prof. **H. Ende**, Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin,
herausgegeben von Prof. Dr. **Ed. Schmitt**, Geh. Baurat in Darmstadt.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) in Stuttgart.

Alphabetisches Sach-Register.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

	Teil	Band	Heft
Deckenlichter	III	2	3,b
"	III	3	1
Denkmäler	IV	8	2/3
Desinfektions-Anstalten	IV	5	4
Desinfektions-Einrichtungen	III	5	
Einfriedigungen	III	2	2
"	IV	9	
Einrichtung der Gebäude	IV	1/8	
Eisbehälter	III	6	
Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Eisenbahn-Verwaltungsgebäude	IV	7	1
Eislaufbahnen	IV	4	2
Elasticitäts- und Festigkeitslehre	I	1	2
Elektrische Beleuchtung	III	4	
Elektro-technische Institute	IV	6	2
Entbindungs-Anstalten	IV	5	2
Entwässerung der Dachflächen	III	2	5
Entwässerung der Gebäude	III	5	
Entwerfen der Gebäude	IV	1/8	
Entwürfe, Anfertigung der	I	5	
Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht	III	3	1
Erholung. Gebäude für Erholungszwecke	IV	4	
Erker	III	2	2
Etrusker. Baukunst der Etrusker	II	2	
Exedren	IV	4	2
"	IV	9	
Exerzierhäuser	IV	7	2
Fabrik- und Gewerbewesen	IV	7	1
Fahnenstangen	III	2	5
Fahrradbahnen	IV	4	2
Fahrstühle	III	3	2
Fäkalstoffe-Entfernung aus den Gebäuden	III	5	
Fassadenbildung	IV	1	
Fenster	III	3	1
Fenster- und Thüröffnungen	III	2	1
Fernsprechdienst, Gebäude für	IV	2	3
Fernsprech-Einrichtungen	III	3	2
Festhallen	IV	4	1
Festigkeitslehre	I	1	2
Findelhäuser	IV	5	2
Fluranlagen	IV	1	
Formenlehre des Ornaments	I	3	
Freimaurer-Logen	IV	4	2
Freitreppen	III	6	
"	IV	9	
Fundamente	III	1	
Fussböden	III	3	2
Galerien und Passagen	IV	2	2
Garten-Architektur	IV	10	
Gartenhäuser	IV	4	2
"	IV	9	
Gasbeleuchtung	III	4	
Gasthöfe	IV	4	1
Gebär-Anstalten	IV	5	2

	Teil	Band	Heft
Gebäudebildung	IV	1	
Gebäudelehre	IV	1/8	
Gefängnisse	IV	7	1
Geflügelzüchtereien	IV	3	1
Gehöftanlagen, landwirtschaftliche	IV	3	1
Geländer	III	2	2
Gerichtshäuser	IV	7	1
Gerüste	I	5	
Gesandtschaftsgebäude	IV	7	1
Geschäftshäuser	IV	2	2
Geschichte der Baukunst	II		
Antike Baukunst	II	1/2	
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Baukunst der Renaissance	II	5/7	
Gesimse	III	2	2
Gestaltung der äusseren und inneren Architektur	IV	1	
Gestüte	IV	3	1
Getreidemagazine	IV	3	1
Gewächshäuser	IV	6	4
Gewerbeschulen	IV	6	1
Gewölbe. Statik der Gewölbe	I	1	2
Gewölbte Decken	III	2	3,b
Giebelspitzen der Dächer	III	2	5
Glas als Material des Ausbaues	I	1	1
Glockenstühle	III	6	
Gotische Baukunst	II	4	
Griechen. Baukunst der Griechen	II	1	
Gutshöfe	IV	3	1
Gymnasien	IV	6	1
Handel. Gebäude für die Zwecke des Handels	IV	2	2
Handelsschulen	IV	6	1
Heil-Anstalten	IV	5	
Heizung der Räume	III	4	
Herbergshäuser	IV	4	1
Herrensitze	IV	2	1
Hochbau-Konstruktionen	III	1/6	
Hochbaukunde, allgemeine	I	1/5	
Hochlicht	III	3	1
Hochschulen	IV	6	2
Hof-Anlagen	IV	1	
Hofflächen, Befestigung der	III	6	
Holz als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Hospitäler	IV	5	1
Hotels	IV	4	1
Innerer Ausbau	III	3/6	
Innungshäuser	IV	4	2
Institute, wissenschaftliche	IV	6	2
Irren-Anstalten	IV	5	2
Islam. Baukunst des Islam	II	3	2
Isolier-Hospitäler (Absond.-Häuser)	IV	5	1
Justizpaläste	IV	7	1
Kadettenhäuser	IV	7	2
Kaffeehäuser	IV	4	1
Kasernen	IV	7	2
Kaufhäuser	IV	2	2
Kegelbahnen	IV	4	2

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

	Teil	Band	Heft
Keramik in der Baukunst	I	4	
Keramische Erzeugnisse	I	1	1
Kinder-Bewahranstalten	IV	5	2
Kinderhorte	IV	5	2
Kinderkrankenhäuser	IV	5	1
Kioske	IV	4	2
Kirchen	IV	8	1
Kirchenbau, romanischer u. gotischer	II	4	3
Kleinkinderschulen	IV	6	1
Kliniken, medizinische	IV	6	2
Klubhäuser	IV	4	2
Koch-Einrichtungen	III	5	
Komposition, architektonische	IV	1	
Konstruktions-Elemente	III	1	
Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Konversationshäuser	IV	4	2
Konzerthäuser	IV	6	3
Kostenanschläge	I	5	
Krankenhäuser	IV	5	1
Kreisbehörden	IV	7	1
Kriegsbaukunst, romanische und got.	II	4	1
Kriegsschulen	IV	7	2
Krippen	IV	5	2
Küchenausgüsse	III	5	
Kühlanlagen	III	6	
Kunstakademien	IV	6	3
Kunstgewerbeschulen	IV	6	3
Künstler-Ateliers	IV	6	3
Kunstschulen	IV	6	3
Kunstvereins-Gebäude	IV	4	2
Kupfer als Baustoff	I	1	1
Kurhäuser	IV	4	2
Laboratorien	IV	6	2
Landhäuser	IV	2	1
Landwirtschaft. Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft	IV	3	1
Laufstege der Dächer	III	2	5
Lebensmittel-Versorgung. Gebäude für Lebensmittel-Versorgung	IV	3	2
Leichenhäuser	IV	5	1
Leichenschauhäuser	IV	7	1
Logen (Freimaurer)	IV	4	2
Lüftung der Räume	III	4	
Lungenheilstätten	IV	5	2
Luxuspferdeställe	IV	3	1
Mädchenschulen, höhere	IV	6	1
Märkte für Getreide, Lebensmittel, Pferde und Hornvieh	IV	3	2
Markthallen	IV	3	2
Marställe	IV	3	1
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Mauern	III	2	1
Mechanisch-technische Laboratorien	IV	6	2
Medizin. Lehranstalt. d. Universität	IV	6	2
Messpaläste	IV	2	2
Metalle als Materialien des Ausbaues	I	1	1
Metalldächer	III	2	5
Militärbauten	IV	7	2

	Teil	Band	Heft
Militär-Hospitäler	IV	5	1
Ministerialgebäude	IV	7	1
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Mörtel als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Museen	IV	6	4
Musikzelte	IV	4	2
Naturwissenschaftliche Institute	IV	6	2
Oberlicht	III	3	1
Observatorien	IV	6	2
Ornament. Formenlehre d. Ornaments	I	3	
Ortsbehörden	IV	7	1
Paläste	IV	2	1
Panoramen	IV	4	2
Parkanlagen	IV	6	8/9
Parlamentshäuser	IV	7	2
Passagen	IV	2	2
Pavillons	IV	4	2
„	IV	9	
Pensionate	IV	6	1
Pergolen	IV	4	2
„	IV	9	
Perrons	III	6	
Pferdeställe	IV	3	1
Pflanzenhäuser	IV	6	4
„	IV	9	
Pflanzungen, städtische	IV	8/9	
Pflegeanstalten	IV	5	2
Physikalische Institute	IV	6	2
Pissoirs	III	5	
Post-Gebäude	IV	2	3
Proportionen in der Architektur	IV	1	
Provinzbehörden	IV	7	1
Rampen, äussere	III	6	
Rampen, innere	IV	3	2
Rathäuser	IV	7	1
Raum-Architektur	IV	1	
Raumbegrenzende Konstruktionen	III	2	
Raumbildung	IV	1	
Rechtspflege. Gebäude f. Rechtspflege	IV	7	1
Reinigung der Gebäude	III	5	
Reitbahnen	IV	4	2
Reithäuser	IV	7	2
Renaissance. Baukunst der	II	5/7	
Renaissance in Italien	II	5	
Renaissance in Frankreich	II	6	
Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark	II	7	
Rennbahnen	IV	4	2
Restaurants	IV	4	1
Rollschlittschuhbahnen	IV	4	2
Romanische Baukunst	II	4	
Römer. Baukunst der Römer	II	2	
Ruheplätze	IV	4	2
„	IV	9	
Saal-Anlagen	IV	1	
Saalbauten	IV	6	3
Sammlungen	IV	6	4
Sanatorien	IV	5	

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06823 3553

